

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Řízení přístroje pro hodnocení prodyšnosti

Control of device for the air permeability classification

2006

Lenka Somerová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní
Katedra oděvnictví

Studijní obor: Oděvní technologie 3106T005

Zaměření: Řízení technologických procesů

Řízení přístroje pro hodnocení prodyšnosti

Control of device for the air permeability classification

Lenka Somerová

Vedoucí diplomové práce: Doc. Dr. Ing. Zdeněk Kůs

Konzultant: Ing. Daniela Lonková

Rozsah práce

Počet stran: 72

Počet obrázků: 36

Počet tabulek: 1

Počet příloh: 4 + 1 CD

V Liberci 15. května 2006

Zadání:

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 15.května 2006

.....

Lenka Somerová

Poděkování

Je mi milou povinností poděkovat Doc. Dr. Ing. Zdeňku Kůsovi za cenné rady, čas a odborné vedení, který mé práci věnoval. Děkuji také Ing. Daniele Lonkové, která mi poskytla všechny potřebné informace ohledně nového měřicího zařízení.

Poděkování však patří i mé rodině a mému příteli za veškerou pomoc a podporu během studia.

A n o t a c e

Diplomová práce se věnuje hodnocení prodyšnosti. Cílem bylo navrhnout a realizovat software pro řízení nového přístroje určeného pro hodnocení prodyšnosti, který je vyvíjen na Katedře oděvnictví. Pro tvorbu programu bylo použito grafického programového prostředí LabVIEW.

Pro vyhodnocení prodyšnosti byla zvolena sada vzorků, na kterých bylo provedeno srovnávací měření. Naměřené hodnoty prodyšnosti textilií prostřednictvím programu byly porovnány s výsledky na standardním přístroji pro měření prodyšnosti textilií typu SDL M 021S. Realizovaný program byl tak ověřen.

Vytvořený program umožňuje snadné, rychlé a přesné měření. Výsledná data jsou zpracována v textové i grafické podobě. Nastíněny jsou i možné návrhy pro další vývoj zařízení.

A n n o t a t i o n

This diploma work concerns the air permeability classification. It aims at developing a software for control of a new device intended for air permeability classification that is now developed in the Institute for Clothing Industry. The graphic program environment LabView was used for software compilation.

A sample set was chosen for air permeability classification and this set was taken for comparison measurement. The from new device for air permeability classification obtained results were compared with this ones obtained from classical device type SDL M 021S for fabric air permeability classification. The implemented program was proved this way.

The implemented program makes possible an easy, fast and accurate measurement. The results from measurement are available in word and in graphic form as well. Possible designs for next development of this device are foreshadowed here.

Klíčová slova

Prodyšnost

Hodnocení prodyšnosti

Software pro měření

LabVIEW

Nový přístroj na hodnocení prodyšnosti

SDL M 021S

Keywords

Air permeability

Air permeability classification

Software for measurement

LabVIEW

New device for air permeability classification

SDL M 021S

O b s a h

1. Úvod	12
2. Teoretický pohled na prodyšnost textilií	14
2.1 Propustnost	14
2.2 Prodyšnost	15
2.3 Porosita	17
2.3.1 2-D model porosity tkaniny	18
2.3.2 Modifikovaný 2-D model porosity	19
2.3.3 Zjednodušený 3-D model porosity tkaniny	20
2.3.4 Chování tkaniny v proudu vzduchu	21
2.4 Hodnocení prodyšnosti	22
2.4.1 Princip hodnocení prodyšnosti	22
2.4.2 Hodnocení prodyšnosti při různých podmínkách	23
2.4.3 Přístroje pro hodnocení prodyšnosti	24
3. Programové prostředí LabVIEW	28
3.1. LabVIEW	28
3.2. Popis LabVIEW	29
3.3. Komunikace s měřicí aparaturou	31
4. Nový přístroj určený k měření prodyšnosti	32
4.1 Popis přístroje	32
4.1.1 Ventil	33
4.1.2 Regulátor	35
4.1.3 Kompresor	37
4.1.4 Průtokoměr	38
4.1.5 Filtr	40
4.1.6 Tlakový snímač	42
4.1.7 Digitální kamera	43
4.1.8 Upínací aparát	44
4.1.9 Měřicí karta	45

5. Zjišťování prodyšnosti	46
5.1 Program vytvořený ve vývojovém prostředí LabVIEW	46
5.1.1 Čelní panel	46
5.1.2 Blokový diagram	50
5.1.3 Výstup z programu	58
5.2 Měření vzorků	59
5.2.1 Měření pomocí programu	59
5.2.2 Měření na SDL M 021 S	61
5.3 Diskuze nad výsledky	63
5.4 Návrh dalšího vývoje zařízení	67
6. Závěr	68
7. Seznam použité literatury a pramenů	70
8. Přílohy	72
8.1 Seznam příloh	72

Seznam použitých zkratek a symbolů:

A	[m ²]	plocha textilie
A ₁ - A ₄	[m ²]	plochy průmětů jednotlivých typů pórů
BS		britská národní norma (British Standard)
CF	[-]	plošné zakrytí tkaniny
CMOS		paměť uchovávající údaje o nastavení počítače a jeho hardwarové konfiguraci (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)
č.		číslo
ČSN		česká technická norma
DIN		německá národní norma (Deutscher Industrie Normen)
D _o	[m ⁻¹]	dostava osnovy
d _o	[m]	průměr osnovní nitě
D _u	[m ⁻¹]	dostava útku
d _u	[m]	průměr útkové nitě
EN		evropská norma
F	[N]	síla
FireWire		sériová polyfunkční sběrnice,
GPIO		standard k připojení různých přístrojů k jedné univerzálnější kartě (General Purpose Interface Board)
h	[m]	tloušťka textilie
ISA		starší typ sběrnice (Industry Standard Architecture)
ISO		mezinárodní organizace pro standardizaci (International Organization for Standardization)
LabVIEW		programovací jazyk (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench)
m ₁ - m ₄	[-]	počet pórů typu 1 až 4 obsažených ve střídě
např.		například
NI		National Instruments
n _{so}	[-]	počet vazných bodů ve střídě ve směru osnovy
n _{su}	[-]	počet vazných bodů ve střídě ve směru útku
obr.		obrázek
p ₁ , p ₂	[Pa]	tlak

PC		osobní počítač
PCI		novější typ sběrnice (<u>P</u> eripheral <u>K</u> omponent <u>I</u> nterconnect)
PCMCIA		rozhraní s univerzálním použitím (<u>P</u> ersonal <u>C</u> omputer <u>M</u> emory <u>C</u> ards <u>I</u> nternational <u>A</u> ssociation)
P _G	[-]	porosita podle Gooijera
P _H	[-]	porosita podle Havrdové
P _S	[m ²]	plocha póru
PXI		průmyslový standard (PCI eXtensions for Instrumentation)
q	[l.min ⁻¹]	průtok
q _M	[l.hod ⁻¹]	množství vzduchu prošlého zkoušenou plochou textilie
R	[mm.s ⁻¹]	prodyšnost
RS 232		sériové rozhraní
S	[m ²]	plocha průřezu
t	[s]	čas
tab.		tabulka
TTL		parametr životnosti paketů (Time to live)
TUL		Technická univerzita v Liberec
U	[V]	napětí
USB		univerzální sériová sběrnice (Universal Serial Bus)
V	[m ³]	objem vláknenného v útvaru
V ₁ -V ₄	[m ³]	objemy nevyplněné hmotou příze
V _c	[m ³]	celkový objem vláknenného útvaru
V _c -V	[m ³]	objem pórů
VI		virtuální přístroj (Virtual Instrument)
W	[m.s ⁻¹]	rychlost proudění vzduchu ve vedení
Δp	[Pa]	tlakový rozdíl
μ	[-]	zaplnění
ψ	[-]	porosita
2-D		dvourozměrný prostor
3-D		třírozměrný prostor

1. ÚVOD

Současná doba je obdobím velkého rozvoje materiálů. Zejména kovů, plastů, keramiky, skla, gumy, ale za ostatním nikterak nezaostává ani rozvoj textilií. Přelomové technologie propůjčují tkaninám jedinečné schopnosti a rozšiřují možnosti jejich využití.

V pozemním stavitelství se užívají textilní materiály v podobě geotextilií, jejichž hlavním úkolem je zejména zpevnění povrchů. Geotextilie jsou prodyšné a tedy nebrání průchodu vody a vzduchu. Nenapadají je houby a nepodléhají hnilobným procesům. Udrží si svoji pevnost v mokré i suchém stavu.

V zemědělství geotextilie zefektivňují podmínky růstu a vývoje rostlin. Pěstitelé s jejich pomocí cíleně vytvářejí specifické mikroklimatické podmínky konkrétního druhu a odrůdy.

Další oblastí využití textilních materiálů jsou filtry. Oblast konkrétního využití je dána hodnotou jejich propustnosti vzduchu.

Ve zdravotnictví se používají filtrační materiály, které propouštějí molekuly vzduchu a vody, přesto zachytí veškeré bakterie a většinu virů. Materiály užívané pro tyto účely mají vysoký měrný povrch. Ten umožňuje snadné navázání příměsí jako jsou antibiotika nebo protilátky ničící zachycené mikroorganismy.

Nejvlastnější oblastí využití textilií je samozřejmě oděvnictví. Oděvní průmysl se zabývá fyziologicko-hygienickými vlastnostmi materiálů využívaných pro výrobu kvalitního oblečení. Pro pracovní účely, volný čas a aktivity v nejrůznějších prostředích. Důležité jsou jejich tepelně-izolační vlastnosti, schopnost propouštět vodní páry a vzduch. Aktuálním tématem je optimalizace požadavků na komfort a funkčnost oděvů. Nalezením vhodných vlastností materiálů (struktura, materiálové složení, střih oděvu, nitě, kombinace více vrstev atd.) je možné zlepšit mnohé. Prodyšnost je jedna ze základních sledovaných vlastností.

Lze ji zjistit pomocí speciálních přístrojů vyvinutých pro tento účel. Celosvětově je vyrábí pouze několik firem. Jeden z nových přístrojů pro měření prodyšnosti byl sestaven na textilní fakultě, konkrétně na Katedře oděvnictví.

Přesné stanovení prodyšnosti je poměrně složité. Závisí jak na zvoleném postupu, tak i na způsobu provedení měření. Faktem je, že je často využíváno starších zařízení, a to i na fakultě textilní na TUL. Ovládány jsou ručně a odečítání výsledných

hodnot se uskutečňuje pouze vizuálně. Nechtěně tak můžou být způsobeny velké chyby měření, které vzniknou při zaokrouhlení a špatným odečítáním. Jedním z hlavních úkolů této diplomové práce je minimalizovat nepřesnosti měření.

Sestavený aparát pro měření prodyšnosti dostupný na Katedře oděvnictví se skládá z moderních prvků. Celý laboratorní měřicí přístroj je však stále ovládán z části ručně a manipulace s ním je nepohodlná. Proto je práce zaměřena na návrh a realizaci řídicího program. Díky němu bude řízení ovládáno pomocí PC přes měřicí kartu. Snímaná data budou ukládána v elektronické podobě. Tím bude umožněno přesné a pohodlné zpracování naměřených hodnot. Informace získané z měření prodyšnosti sady vzorků mohou přispět k dalšímu zkoumání a využití v textilních odvětvích.

2. TEORETICKÝ POHLED NA MĚŘENÍ PRODYŠNOSTI TEXTILIÍ

2.1 PROPUSTNOST

Většina lidí se každý den chce ve svém oblečení cítit pohodlně a to nezávisle na tom, zda je léto, zima, je v práci nebo doma. Pocit pohodlí mimo jiné ovlivňuje i přirozenost lidského organismu, což je přijímání a odevzdávání tepla do okolí. Bez funkce vlastního termoregulačního systému by produkce tepla v lidském organismu vyvolala nežádoucí a životu nebezpečné změny tělesné teploty, které by značně narušily pocit pohodlí.

V nebezpečí přehřátí dochází k zvýšenému odvádění tepla z organismu. Dochází k samovolnému uvolňování přebytečného tepla do okolí prostřednictvím jak dýchacího ústrojí, tak i z převážné části pokožkou. K nejúčinnějšímu ochlazování dochází při odpařování potu přímo z povrchu těla. Pokud však máme na sobě jakýkoli oděv, měl by se pot do něj vsáknout nebo *propustit* vlhkost na svůj povrch. Nemělo by dojít k tomu, aby stékal po těle.

V nebezpečí mrznutí musí dojít k omezení odvádění nebo-li *propustnosti* tepla a k získání dalšího tepla. Tělo omezí prokrvení pokožky, čímž se sníží transport tepla z těla na povrch. Nepostačí-li toto opatření, začne se člověk chvět, čímž zvýší produkci tepla.

Lidský organismus má vlastní účinný tepelně-izolační systém, avšak k podpoře regulace teploty bezpochyby patří kvalitní oděvní materiály a výrobky. Požadavek na pohodlí a požadavek na funkčnost oděvů musí být optimálně zastoupen. Důležité je jak střihové řešení, tak i kvalitní výběr materiálů v závislosti na funkci, kterou má oděv vykonávat.

V systému, „lidský organismus - oděv - prostředí“, se odehrávají složité *transportní děje* zahrnující produkci tepla v organismu, produkci vlhkosti povrchem pokožky a jejich transport do okolního prostředí a transport vzduchu. Nebo-li schopnost materiálu propouštět kapaliny, plyny a páry. *Propustnost* patří mezi fyziologicko-

hygienické vlastnosti textilních i oděvních materiálů. Jedná se o užitnou vlastnost textilií. Určujeme následující propustnosti plošných textilií:

- ❖ Propustnost tepla –zkoušení tepelně izolačních vlastností
- ❖ Propustnost vodní páry - zjišťování relativní propustnosti vodních par
- ❖ Propustnost vody
- ❖ Propustnost vzduchu – zjišťování prodyšnosti

Pod pojmem propustnost tedy rozumíme průnik určitého média přes vrstvu textilií. V případě, že plošná textilie je vystavena fyzikálnímu prostředí, které na obou jejích stranách (rub a líc) má rozdílnou intenzitu. Potom dojde k prostupu tohoto media směrem k nižší fyzikální úrovni přes plošnou textilii.

Tepelnou propustností ani propustností vlhkosti se tato práce nebude zabývat. Vysvětleny budou pouze zákonitosti týkající se propustnosti vzduchu, nebo-li prodyšnosti textilií.

2.2 PRODYŠNOST TEXTILIÍ

Prodyšnost patří mezi velmi důležité užité vlastnosti plošných textilií. Každý kdo se kdy vydal na cesty, ví, že jeho oblečení a boty by měly být nejen pohodlné a nepromokavé, ale především prodyšné. V opačném případě by se výlet mohl změnit ve velmi nepříjemný zážitek. Zvýšení prodyšnosti napomáhá oděvu stříhové řešení, které by však mělo splňovat účel, na který je oděv určen. V případě vysoké fyzické zátěže by měl oděv těsně přilnout k tělu. Naopak v létě, v teplém období, by měl být oděv co nejvzdušnější a volného střihu, aby mohl vzduch dobře cirkulovat a tak ochlazovat tělo člověka. Avšak ne v zimě, kde by měl oděv zahřát, ale měl by být zároveň prodyšný a odolný vůči větru. Zde bychom totiž neměli zapomínat, že přítomnost vlhkosti v textilii její prodyšnost výrazně snižuje. U přírodních vláken dochází k bobtnání a k zaplnění pórů v textilii kapalnou vlhkostí. Nejen běžný oděv by měl být účelný a pohodlný. Platí to i pro speciální účely, jako jsou chirurgické ústenky. Ty mají umožňovat pohodlné dýchání i při několikahodinovém používání a neměl by tomu zabránit ani bakteriální filtr, který by měl být v ústence obsažen.

U technických textilií je prodyšnost základem pro hodnocení kvality výrobku. Optimální hodnota prodyšnosti závisí na jeho funkci, kterou má plnit. Různá je pro filtrační textilie, padáky, airbagy, stany apod.

Prodyšnost ovlivňuje mnoho faktorů:

- | | |
|--|----------------------------------|
| ❖ Struktura vláken, přízí a plošných textilií | ❖ Jemnost nití |
| ❖ Geometrické vlastnosti vláken, přízí a plošných textilií | ❖ Velikost a četnost pórů |
| ❖ Materiál | ❖ Způsob výroby plošné textilie |
| | ❖ Vrstvení |
| | ❖ Finální úprava plošné textilie |

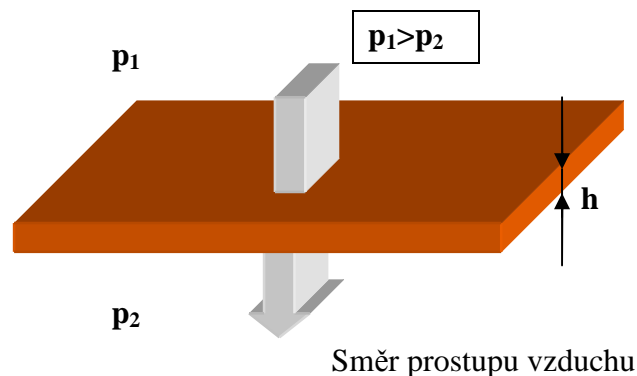
Dle ČSN 80 0817, která odpovídá EN ISO 9237

Princip měřících přístrojů pro zjišťování prodyšnosti spočívá ve vytvoření tlakového spádu mezi dvěma stranami plošné textilie. Tím dojde k protékání vzduchu přes textilií a zaznamenává se rychlost proudu vzduchu za daného tlakového spádu. Jednotlivé měřicí přístroje se od sebe mohou lišit např. způsobem uchycení vzorku způsobem zaznamenávání rychlosti vzduchu apod. [1], [2].

Norma definuje prodyšnost:

Rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo na zkušební vzorek při specifikovaných podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu [2].

Prostup vzduchu skrz plošnou textilií se odehrává v případě, že textilie vykazuje nenulovou hodnotu pórovitosti a v důsledku rozdílných barometrických tlaků na obou stranách textilie, což je hybnou silou celého procesu. Na základě tohoto rozdílu Δp je dána rychlost prostupu. Situaci je znázorněna na schématu (obr.1). Na obrázku je znázorněna tloušťka plošné textilie (h), tlak na jedné straně je vyšší (p_1), než na straně druhé (p_2). Vzduch proudí dle fyzikálních zákonů z místa vyššího tlaku do místa o nižším tlaku. Děj probíhá do doby, než se tlaky vyrovnají.



Obr.1 - Schématické znázornění propouštění vzduchu přes plošnou textilií

2.3 POROSITA

Velikost pórů v textilii, jejich tvar, uspořádání a četnost jsou rozhodující charakteristiky plošné textilie z hlediska její prodyšnosti. Plošná textilie je tvořena přímo z vláken, netkané textilie a nebo z přízí, tkaniny a pleteniny. Mezi vlákny se nachází jisté množství vzduchových pórů.

Velikost vzduchových pórů v textilii, jejich tvar, uspořádání a četnost jsou rozhodující charakteristiky plošných textilií z hlediska jejich propustnosti vzduchu, [3].

Porosita ψ vyjadřuje podíl objemu vlákenného útvaru vyplněného vzduchem. Vlákenný útvar má celkový objem V_c . Uvnitř celkového objemu se nachází vlákna s úhrnným objemem V a platí $V \leq V_c$. Rozdíl $V_c - V$ vyjadřuje objem vzduchu mezi vlákny (tj. objem pórů), [2]. Porosita pak může být určena dle vztahů:

$$\psi = \frac{V_c - V}{V_c} = 1 - \frac{V}{V_c} = 1 - \mu, \quad (1)$$

$$\mu = \frac{V}{V_c}, \quad \mu \in <0,1> \quad (2)$$

, kde: μ zaplnění [-]

ψ porosita [-]

V objem vláken v útvaru [m^3]

V_c celkový objem vlákenného útvaru [m^3]

Pokud bychom chtěli určit teoretické modely porosity, musí být splněny tyto předpoklady:

- ❖ Nitě nejsou prodyšné
- ❖ Stanovovány jsou především pro tkaniny (předpokládáme strukturu provázání)

2.3.1 2-D model porosity tkaniny

Plochou póru je rozuměn, při kolmém promítnutí tkaniny do roviny, volný prostor, kterým prochází vzduch, [1].

U 2-D modelu je plocha póru P_s definována jako doplněk k podílu plošného zakrytí tkaniny CF , [1]:

$$CF = D_o d_o + D_u d_u - D_o D_u d_o d_u. \quad (3)$$

Plocha póru pak může být vyjádřena s pomocí vztahu (3):

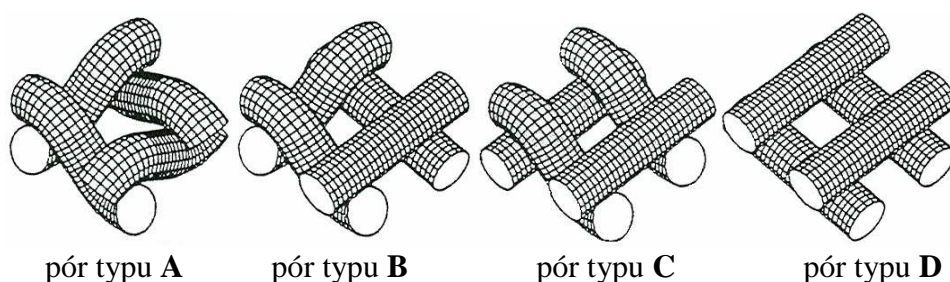
$$P_s = 1 - CF = 1 - (D_o d_o + D_u d_u - D_o D_u d_o d_u), \quad (4)$$

, kde: P_s plocha póru [-]
 CF plošné zakrytí tkaniny [-]
 D_o dostava osnovy [m^{-1}]
 D_u dostava útku [m^{-1}]
 d_o průměr osnovní nitě [m]
 d_u průměr útkové nitě [m], [1].

V případě tohoto 2-D modelu dochází k zásadní chybě. Zanedbáván je třetí rozměr tkaniny, kterým je tloušťka. Opomíjena je i tloušťka nití a použitá vazba ve tkanině. S tím je spojeno též tvarové odlišení pórů. Neuvažuje se obtékání nití, ani případ hustě dostavených tkanin, u kterých je plocha pórů prakticky nulová a k žádnému průchodu vzduchu by tedy nedocházelo. Avšak i u těchto textilií k průchodu vzduchu dochází.

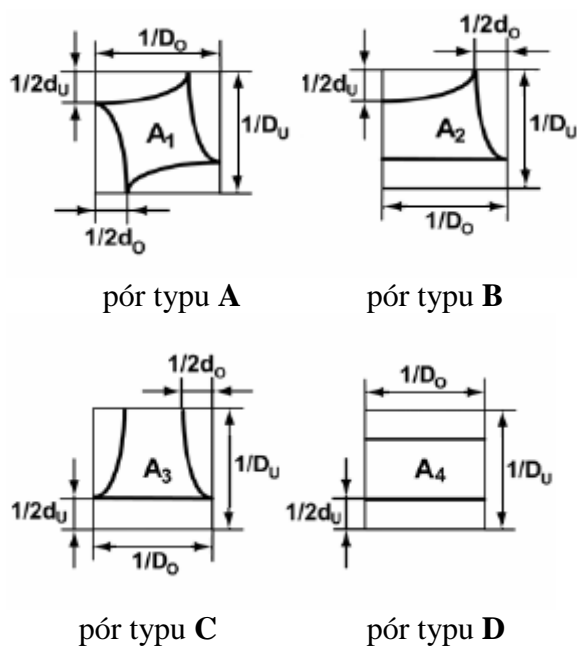
2.3.2. Modifikovaný 2-D model porosity

Problematikou u hustě dostavených tkanin a jejich prodyšností se zabýval Gooijer. Uvažoval, že nitě v tkanině nejsou zpravidla uloženy všechny v jedné rovině, takže ani póry nejsou v rovině, ale jsou různě nakloněné. K prodyšnosti, tak nedochází pouze v kolmém směru, ale i ve směru šikmém, [4]. Jeho úvahy vychází z Backerovy definice čtyř typů jednotkových pórových buněk (viz obr.2), z nichž je každá tkanina složena.



Obr.2 - Typy jednotlivých pórových buněk ve tkanině podle Backera [5].

Tyto čtyři typy jednotlivých pórových buněk převedl Gooijer do roviny a získal tak v 2-D prostoru průměty těchto typů pórů. Získal tak průměty „šikmých“ pórů do roviny tkaniny, obr.3.



Obr. 3 – Typy 2-D průmětů pórových buněk ve tkanině podle Gooijera [4].

Porositu pro všechny čtyři typy pórů (A,B,C,D) lze určit pomocí Gooijerova vzorce:

$$P_G = \frac{m_1 A_1 + m_2 A_2 + m_3 A_3 + m_4 A_4}{\frac{1}{D_O} n_{SO} \frac{1}{D_U} n_{SU}}, \quad (5)$$

, kde: P_G porosita podle Gooijera [-]

$m_1 - m_4$ počet pórů typu 1 až 4 obsažených ve střídě [-]

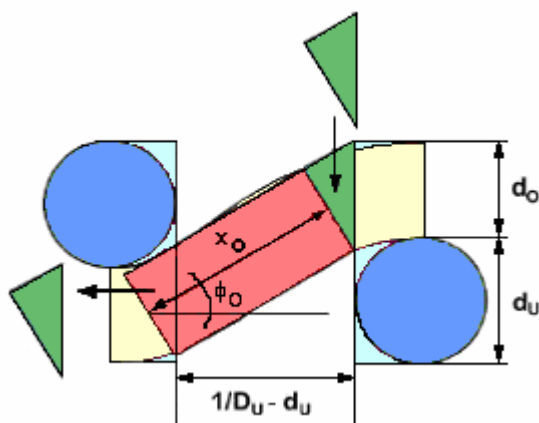
$A_1 - A_4$ plochy průmětů jednotlivých typů pórů [m²]

n_{SO} počet vazných bodů ve střídě ve směru osnovy [-]

n_{SU} počet vazných bodů ve střídě ve směru útku [-], [4].

2.3.3. Zjednodušený 3-D model porosity tkaniny

Model taktéž vychází z Backerova rozlišení čtyř jednotlivých pórových buněk ve tkanině (obr.2). Zde je však zanedbána porosita uvnitř příže. Dle předpokladu nitě nejsou prodyšné. Odvození prodyšnosti uvedla Havrdová, model navrhla pro oděvní tkaniny pouze ze staplových přízí (obr.4). Porositu tkanin s libovolným typem vazby lze podle Havrdové určit pomocí vzorce (6). Při sestavování tohoto vzorce, vycházela Havrdová z teorie Gooijera a obr. 4.



Obr. 4 – Zjednodušený 3-D model porosity tkaniny, [1].

$$P_H = \frac{m_1 V_1 + m_2 V_2 + m_{3A} V_{3A} + m_{3B} V_{3B} + m_4 V_4}{V_C n_{SO} n_{SU}}, \quad (6)$$

, kde: P_H porosita podle Havrdové [-]
 m_{3A}, m_{3B} počty jednotlivých typů pórů obsažených ve střídě [-]
 $V_1, V_2, V_{3A}, V_{3B}, V_4$ objemy nevyplněné hmotou příze [m^3]
 V_c celkový objem libovolné pórové buňky [m^3], [1].

Odvození vztahu podle Havrdové je velmi obsáhlé. Z toho důvodu nebude 3-D model více vysvětlován. Podrobné informace o této definici porosity jsou obsaženy v literatuře [1].

2.3.4. Chování tkaniny v proudu vzduchu

Při experimentálním hodnocení prodyšnosti vzduchu tkanin dochází k především k deformaci textilie, kterou způsobuje rychlost proudícího vzduchu. Deformace může být rozdělena do tří oblastí:

- ❖ Průhyb (vydutí) vzorku textilie upnutého v kruhové čelisti přístroje ve směru proudícího vzduchu. V důsledku tohoto jevu dochází k „rozevírání“ pórů do stran - tzv. Horizontální nárůst porosity.
- ❖ Oddalování volně lotrujících úseků nití ve směru proudícího vzduchu. Dochází ke vzniku „přídavných“ pórů zvětšováním tloušťky textilie během měření - tzv. Vertikální nárůst porosity.
- ❖ Rozhrnování vnějších vrstev příze. Oblast chlupatosti se více přimyká k relativně kompaktnímu jádru příze. Dochází tak ke změně struktury textilie, ale u oděvních materiálů je vliv na hodnocení prodyšnosti minimální, [13].

2.4. HODNOCENÍ PRODYŠNOSTI

Standardní hodnocení prodyšnosti plošných textilií je uvedeno v kapitole 2.2.1 Definice prodyšnosti. Z normy vyplývá, že je použitelná pro měření veškerých prodyšných plošných textilií, a to jak pro oděvní, tak i technické plošné textilie. Podstatou zkoušky je vždy měření rychlosti proudu vzduchu procházejícího kolmo plochou plošné textilie při stanoveném tlakovém spádu. K měření lze použít přístroj, který nám zajistí tlakový rozdíl (tlakový spád). Následné vyjádření a výpočet výsledků je stanoveno také normou ČSN EN ISO 9237. Hodnocení se liší pouze v doporučujících zkušebních podmínkách. Některé z nich jsou:

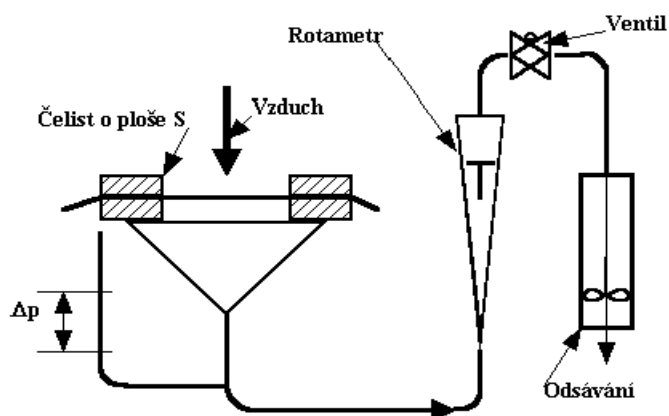
- ❖ Zkušební plocha: 5 cm^2 , 20 cm^2 , 50 cm^2 nebo 100 cm^2 - standardní plocha dle normy je 20 cm^2
- ❖ Tlakový spád o rozsahem 50 Pa, 100 Pa, 200 Pa, 500 Pa, 1 kPa nebo 2 kPa
- nejvhodnější tlakový spád dle normy:
 - 100 Pa pro oděvní plošné textilie
 - 200 Pa pro technické plošné textilie
- ❖ Opakování hodnocení při stejném tlakovém spádu a stejné zkušební ploše
- ❖ Vzorek je před zkoušením klimatizován, [6].

2.4.1. Princip hodnocení prodyšnosti

POSTUP: Zkušební vzorek nejprve upnut do čelistí měřícího přístroje. Musí být dbáno na to, aby nedošlo ke vzniku záhybů, deformaci, vyhnout se zmačkaným místům, skladům a švům. Spuštěním sacího ventilátoru (či jiného zařízení) začne se nasávat vzduch přes zkušební vzorek. Seřizujeme postupně průtok vzduchu tak, aby na zkušební ploše textilie vznikl požadovaný tlakový spád. Po ustálení podmínek se zaznamená průtok vzduchu. Zkoušku je vhodné opakovat minimálně 10x a to na různých místech vzorku, aby byla zjištěna co nejobektivnější prodyšnost daného vzorku. Prodyšnost pak v závislosti na výši prodyšnosti vyjádřena buď v [mm/s] nebo u textilií s vyšší porositou v jiných jednotkách rychlosti proudu vzduchu [cm/s nebo m/s].

PRINCIP PŘÍSTROJE: Přístroj se skládá z ventilátoru, který odsává vzduch z čelisti, ve které je upnut vzorek textilie. Čelist má kruhový tvar o určité ploše S . Množství nasávaného vzduchu při nastaveném tlakovém spádu Δp je měřeno tzv. rotametrem (trubice o přesně stanoveném vnitřním průměru), ve kterém je umístěn plováček. Z výše plováčku v trubici se stanoví množství vzduchu, které prošlo textilií. Ventil ve schématu nám slouží jako pojistka. Schéma přístroje pro měření prodyšnosti je na obr.5, [7].

SCHEMA PŘÍSTROJE:



Obr.5 - Přístroj pro měření prodyšnosti, [7]

2.4.2 Hodnocení prodyšnosti při různých podmínkách

Při zjišťování hodnoty prodyšnosti je důležité znát podmínky, při kterých měření bylo provedeno. Ačkoli norma uvádí doporučené podmínky, můžou být změněny. Hodnota prodyšnosti musí být pak přepočítána na základě těchto změn. Změny se týkají:

- ❖ Hodnota tlakového spádu - V závislosti na nastavení hodnoty tlakového spádu při měření dochází k deformaci textilie v důsledku silových účinků proudícího vzduchu. Standardními podmínkami tak nelze měřit textilie s otevřenou strukturou a pleteniny.
- ❖ Upínací plochy zkoušeného vzorku - Jiná upínací plocha může způsobit větší sklon k vydouvání vzorku (např. při 10 cm²). Avšak tyto faktory jsou zanedbány.

Za změnu podmínek při hodnocení prodyšnosti vzduchu je brána i skutečnost, jestliže je hodnocena prodyšnost přes:

- ❖ Jednu vrstvu tkaniny - Důležité je, aby měření rychlosti proudu vzduchu tkaninou nebylo mimo rozsah měření přístroje. Pokud k tomu dojde, musí být upraveny podmínky měření. Například přidáním vrstvy hodnocené tkaniny, dokud hodnota nebude v požadovaném rozsahu. Při vrstvení musí být dodržen stejný směr kladení (vždy líc nahoru nebo dolů). Norma omezuje zkoušenou tloušťku maximálně na 0,6mm. Z naměřených hodnot se vypočítá průměrná hodnota rychlosti proudění vzduchu a z té se stanoví hodnota prodyšnosti vzduchu příslušné tkaniny. Nakonec je určena prodyšnost pro jednu vrstvu.
- ❖ Více vrstev tkaniny - Hodnocení lze provést na základě známé hodnoty prodyšnosti vzduchu přes jednu vrstvu. Při měření je nejvhodnější použít čtyři až šest vrstev. Tato metoda je vhodná pro košiloviny, šatovky, lehčí oblekovky, podšívkoviny, tkaniny pro ložní či stolní prádlo apod. Její použití není vhodné pro tkaniny počesané, tkaniny s vlasem či tkaniny s plastickými vzhledovými úpravami, [1].

2.4.3. Přístroje pro hodnocení prodyšnosti

1) METEFEM FF-12/A

Přístroj již staršího typu, vyroben firmou Metrimpex pocházející z Maďarska. Pomocí tohoto přístroje je měřena propustnost vzduchu jak oděvních a technických textilií, tak i pletených a impregnovaných textilních materiálů. Takovéto široké uplatnění je možné díky nastavení mnoha různých podmínek zkoušky propustnosti vzduchu. Testována může být také účinnost faktorů, které mají vliv na propustnost vzduchu zkoušené textilie. Jedná se např. o kvalitu surovin, stavbu nitě a textilie, způsob úpravy, apod.

Možnosti přístroje:

- ❖ Upínací plocha 10 cm², 20 cm², 50 cm² a 100 cm²
- ❖ Možnosti nastavení tlakového rozdílu 0-1960 Pa
- ❖ Rozsah měření trubic s rotametrem 4-8000 l/hod, [8].

Principem je prosávání vzduchu ventilátorem přes textilií upnutou v sací hlavě, která je součástí přístroje. Po zapnutí přístroje je důležité nastavit tlakový spád na hodnotu „nula“. Po otevření ventilu prosávaný vzduch prochází měřicím zařízením, kterým je trubice s rotametrem. Pomocí otočení škrtícího ventilu je nastaven doporučený tlakový spád. Vytvořený tlakový rozdíl mezi oběma stranami textilie je zaznamenán manometrem. Rotametr ukazuje, kolik litrů vzduchu za hodinu projde přes upínací plochu zkoušené textilie při tlakovém rozdílu nastaveném na manometru. Z hodnot posléze vypočítáme prodyšnost ze vztahu uvedeného v manuálu:

$$R = \frac{q_M}{0,36 A}, \quad (7)$$

, kde:

- R** prodyšnost [mm.s⁻¹]
q_M množství vzduchu prošlého zkoušenou plochou textilie [l.hod⁻¹]
A zkoušená plocha [cm²], [7].

2) SDL M 021 S

Jedná se o přístroj, který je novější verzí verze FF -12/A. Můžeme v něm nalézt čtyři průtokoměry. Nejvíce vyhovující průtokoměr při prováděném měření volíme přepínačem na předním panelu přístroje. Přepínač s ventilem nám regulují průtok vzduchu vzorkem a zvoleným průtokoměrem.

Možnosti přístroje:

- ❖ Upínací plocha 5, 20 a 38 cm²
- ❖ Nastavení tlakového rozdílu na: 100 Pa, 500 Pa, 1 kPa, 2 kPa
- ❖ Rozsah měření trubic průtokoměru 0,1 – 400 ml/s , [9].

Princip měření je velmi podobný jako u předešlé verze. Opět musí být tlakový spád nastaven nejprve na hodnotu „nula“ a zkontrolován přístroj, zda je správně nastaven. Prodyšnost měří pomocí vakuového čerpadla, které nasává vzduch přes vzorek. Vzorek je upnut pomocí kovové šroubovací hlavice. Doporučená měřicí komora má plochu 20 ± 0,1 cm². Objem průtoku vzduchu se měří jedním ze čtyř průtokoměrů při specifikovaném tlakovém rozdílu, kterým je indikován na trubici manometru.

Výsledky zkoušky je potřeba přepočítat podle vztahu obsaženého v manuálu na prodyšnost dané textilie:

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} \cdot 10, \quad (8)$$

, kde:

R	prodyšnost [mm.s ⁻¹]
q_v	aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu [ml.s ⁻¹]
10	přepočítávací faktor z [ml.s ⁻¹ .cm ⁻²]
A	zkoušená plocha textilie [cm ²], [9]

Uvedené přístroje pro hodnocení prodyšnosti se nacházejí na Fakultě textilní. Přístroj METEFEM FF-12/A se nachází na Katedře textilních materiálů a na Katedře netkaných textilií. Přístroj SDL M 021S najdeme na Katedře textilních materiálů a na Katedře oděvnictví. Existuje však mnoho dalších přístrojů (např.: FF 12, Maďarsko; VEB W, Lipsko). Přístroje jsou již starší výroby a není možné využít širšího rozsahu měření mimo definované hodnoty. Hodnoty tlakového spádu a množství prošlého vzduchu tkaninou jsou odečítány přímo z přístrojů a tím mohou být způsobeny velké chyby měření. Není možné získat data v digitální podobě, která by byla automaticky přepočítávána na požadované veličiny. Vše je ovládáno ručně.

Modernější, přesnější a rychlejší přístroje vyrábí například:

- ❖ Švýcarská firma: *TexTest AG*, [10].
- ❖ Nizozemská firma: *Thwing-Albert*, [11].
- ❖ Indická firma: *Shambhavi Impex*, [12].
- ❖ Australská firma: *IDM Instruments*, [13].
- ❖ Americká firma: *Frazier Precision Instrument Copany*, [14].

Tyto přístroje jsou již plně digitalizované, automatizované a mají mnoho dalších funkcí. Pomocí sériové linky je lze připojit k počítači, kde jsou data dále zpracovávána. V následující tabulce (tabulka č.1) je uveden přehled firem vyrábějících přístroje pro měření prodyšnosti. S názvem firmy je uveden i typ přístroje společně se základními charakteristikami, jako je průtok vzduchu v l/m²/s a upínací plocha v cm².

Firma	Přístroj	Průtok vzduchu [l/m²/s]	Upínací plocha [cm²]	Norma
Metrimpex	METEFEM FF-12/A	4 až 8000	10, 20, 50, 100	ISO 9237 DIN 53832
SDL International Ltd.	SDL M 021S	0,36 až 1440	5, 20, 38	ISO 9237 ČSN 800817
TexTest AG	FX 3300 Air Permeability Tester III	1 až 10000	5 až 100	DIN 53887 EN ISO 9237 BS 5636
	FX 3310 Air Permeability Tester	1 až 10000	5 až 100	
	FX 3350 Dynamic Air Permeability Tester AIRBAG-TESTER	200 až 6000	50	
	FX 3380 Continuously Measuring Air Permeability Tester CONTINAIR II	2 až 4000	20 nebo 38	
	FX 3386 Continuous Air Permeability Tester PROFILAIR	2 až 4000	20 nebo 38	
Thwing-Albert	AKUSTRON	30 - 3000	60 minimum	DIN 53887 EN ISO 9237 BS 5636
Shambhavi Impex	Air Permeability Apparatus	5 až 100	neudáno	neudáno
	Lea and Nurse Air Permeability Apparatus	5 až 100	neudáno	
IDM Instruments	A0002 Digital	0 - 4500	38	neudáno
Frazier Precision Instrument	FAP0000LP	2,5 – 3500	60 -180	DIN 53887 EN ISO 9237
	FAP0000HP	2,5 - 27000	60 -180	
	FAP0000F2A	2,5 - 27000	60 -180	
	FAP0000F2AR	2,5 - 27000	60 -180	
	FAP0000LPAR	2,5 – 3500	60 -180	

Tabulka č.1 - Přehled firem vyrábějících přístroje k měření prodyšnosti

3. PROGRAMOVÉ PROSTŘEDÍ LABVIEW

3.1 LabVIEW

V dnešní době lze v daném vývojovém prostředí programy vyvíjet obzvláště rychle a efektivně. Zmíněná efektivnost spočívá především ve snadném navrhování uživatelského rozhraní programu. Uživatelská rozhraní programů v LabVIEW jsou svojí činností obdobou skutečných přístrojů, např.: osciloskopů, multimetrů, generátorů atd. LabVIEW může být chápáno jako vývojové prostředí nad jazykem G, obdobně jako vývojové prostředí Delphi, které je nad jazykem Object Pascal. G značí grafický programovací jazyk, který je založený na používání ikon místo textu. Ikony se používají k sestavení a vyvolání aplikací. Program není psán, ale „kreslen“, což je značně nové a ne zrovna obvyklé.

LabVIEW je zkratkou z anglického *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*. Jedná se o moderní výkonný systém speciálně vhodný pro programování komunikace osobního počítače s různými periferními zařízeními, zejména s měřicími přístroji. Vyvíjený je od roku 1983 firmou *National Instruments* a stejnou firmou byl i roku 1990 patentován.

Programy vytvořené v programu LabVIEW se používají pro praktická měření, např. v elektrotechnice, řízení přístrojů apod. Výhodou ovládání přístroje přes počítač je rychlost a praktická použitelnost. Rychlost je srovnatelná s programy napsanými v jazyce C, který je obecně považován za velmi efektivní a je zatím velmi často užíván. Měření pomocí programů napsaných v LabVIEW je výhodné pro testování většího množství stejných či podobných výrobků. Změna měřicího algoritmu je zde totiž možná pouhou volbou parametrů. K používání tohoto programu je nutná znalost angličtiny, alespoň na základní úrovni, uživatelská znalost ovládání operačního systému a schopnost algoritmizace.

3.2 POPIS LabVIEW

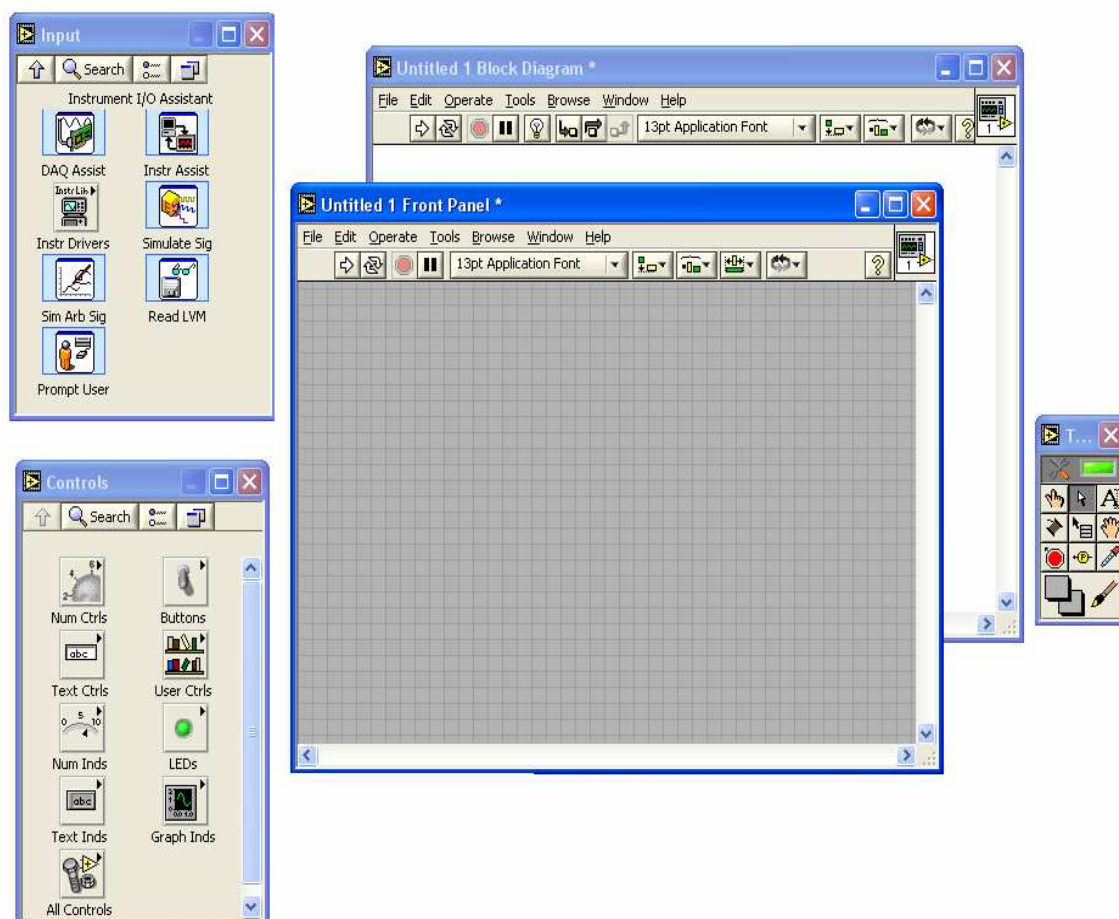
Program v LabVIEW je nazáván virtuální přístroj (Virtual Instrument). Každý virtuální přístroj se skládá ze dvou částí:

- ❖ První část je uživatelské rozhraní tzv. čelní panel (Front panel) - zde se nacházejí objekty typu vstupního zařízení tzv. Control a objekty typu výstupního zařízení tzv. Indicator. Můžeme sem vkládat všechny objekty z palety Controls.
- ❖ Druhá část je zdrojový grafický kód zobrazený v tzv. blokovém diagramu (Block diagram). Skládá se z určitých objektů tzv. uzlů spojených barevnými čarami tzv. hranami. Uzly, které přísluší objektům čelního panelu, mají s nimi shodný popis. Nacházejí se v paletě Functions. Hran jsou tvořeny pomocí palety Tools režimem wiring (obrázek cívky s nití), pomocí kterého lze objekty na pracovní ploše propojovat.

Virtuální přístroj je vytvářen ve vývojovém prostředí (Development Environment). Jedná se o nabídku oken, která je vidět při prvním spuštění.

K samotnému programování obsahuje LabVIEW velkou paletu nástrojů pro vytvoření, zobrazení, čtení, analýzu a ukládání dat a také nástroje pro hledání a odstraňování chyb vzniklých při programování. Nejzákladnější palety k vytváření programů:

- ❖ Paleta Controls - lze ji zobrazit pouze pokud je aktivní okno čelního panelu. Má stromovou strukturu a všechny objekty v ní obsažené lze umístit do aktuálního okna čelního panelu. Nacházejí se ve WINDOW → SHOW CONTROLS PALETTE hlavního menu.
- ❖ Paleta Functions - lze ji zobrazit pouze pokud je aktivní okno blokového diagramu. Má také stromovou strukturu a obsažené objekty mohou být umístěny do blokového diagramu. Nacházejí se ve WINDOW → SHOW FUNCTIONS PALETTE hlavního menu.
- ❖ Paleta Tools - zobrazuje myš, resp. kurzor myši v deseti různých režimech. Každá volba má jinou funkci. Paletu je vyvolána volbou WINDOW → SHOW TOOLS PALETTE hlavního menu.



Obr.6. - Vývojové prostředí LabVIEW

Pokud je program hotov spouští se tlačítkem Run Continuously. V případě, že program běží, můžeme jej zastavit tlačítkem Abort Execution. Obě tlačítka se nacházejí na hlavní liště čelního panelu i blokovém diagramu vlevo.

Provedení programu zde zprostředkovávají data, která určují výsledek. Před spuštěním je zobrazeno použité uživatelské ovládání, nebo-li grafické funkce v čelním panelu. Pokud je vše uspořádáno správně, program lze spustit. Pomocí uživatelského ovládání je možné i po spuštění s programem pracovat.

Výstupem jsou naměřené hodnoty zobrazované v grafu, mohou být také ukládány do souboru, odkud můžou být dále zpracovávány. Programy vytvořené jako virtuální přístroj se ukládají do samostatného souboru s příponou .vi, [15], [16].

3.3 KOMUNIKACE S MĚŘÍCÍ APARATUROU

Pro komunikaci PC s laboratorními měřicími přístroji se nejčastěji používá sériového portu RS-232 (Recommended Standard - 232). Jedná se relativně o jednoduché, spolehlivé a levné zařízení. Nevýhodou je pouze rychlost přenášených dat, která klesá se vzrůstající délkou sériové linky. Sériový port je odolný proti zkratu a zařízení lze připojovat a odpojovat za chodu počítače. Pro ovládání sériového portu v LabVIEW je nejčastěji užívána knihovna Seriál library. Tato knihovna obsahuje užitečné podprogramy, kterými se komunikace velmi usnadňuje.

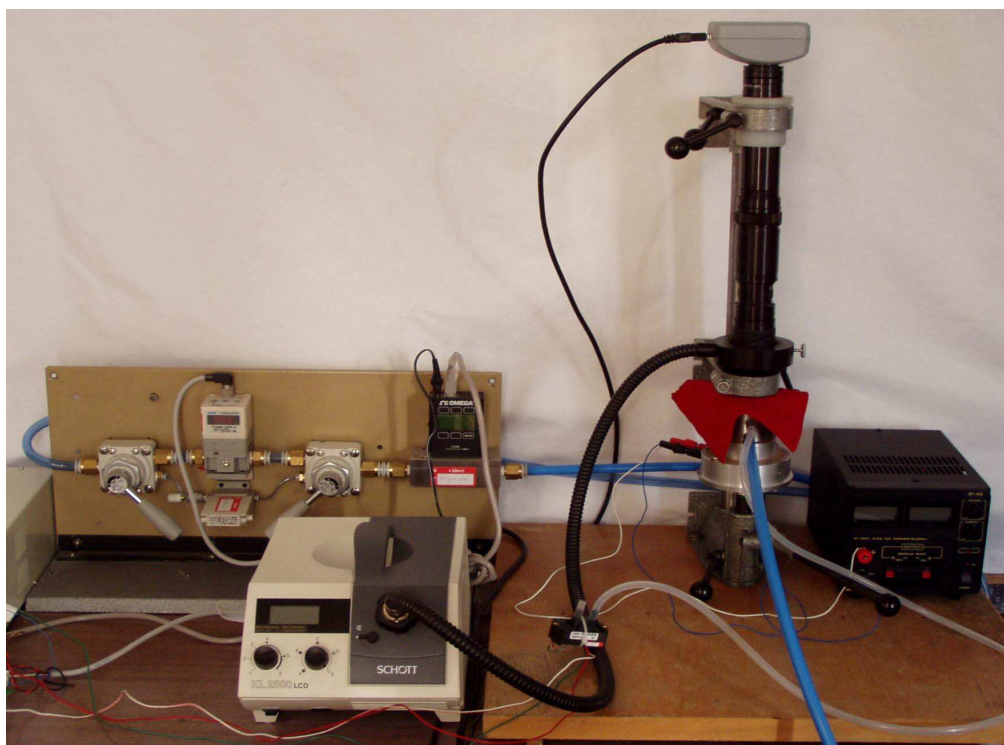
Dalším rozhraním pro komunikaci je rozhraní GPIB (General Purpose Interface Bus). Jedná se o osmibitové paralelní rozhraní s přenosovou rychlostí až 1 MB/s, které umožňuje připojit až 15 různých zařízení. Provedeno je jako zásuvná karta do rozšiřující sběrnice pro PC. Měřicí přístroj propojený se sběrnicí GPIB má přidělenou jedinečnou adresu, přes kterou je komunikace realizována.

4. NOVÝ PŘÍSTROJ URČENÝ K MĚŘENÍ PRODYŠNOSTI

Při měření prodyšnosti na starších typech přístrojů pro měření propustnosti vzduchu se dopouštíme velkých chyb měření. Samotné měření je značně nepohodlné a zbytečně sebou nese složitosti. Největším problémem je odečet prošlého vzduchu textilií, které se provádí pouze zrakem, a ruční ovládání přístroje. Na Textilní fakultě v Liberci kromě starších typů (METEFEM FF-12/A a SDL M 021S) žádný moderní přístroj pro měření prodyšnosti není. Z toho důvodu byl vytvořen nový přístroj.

4.1 POPIS PŘÍSTROJE

Přístroj byl navržen a zkonstruován na Katedře oděvnictví. Od původní návrhu k nynějšímu došlo ke změnám některých komponent. V této kapitole popíši jednotlivé prvky, ze kterých se nový přístroj skládá. Aktuální podobu přístroje zobrazuje následující fotografie na obr.7, [17].



Obr.7 – Fotografie nového přístroje na měření prodyšnosti textilií

4.1.1. Ventil

Ventil je mechanické zařízení regulující průtok tekutin. Mohou průtok uzavírat zcela nebo jen částečně. Používají se v mnoha aplikacích a existuje jich velmi mnoho nejrůznějších druhů:

- ❖ Plovákový ventil (udržuje výšku vodní hladiny)
- ❖ Kuličkový, uzávěrový či kuželový ventil (kontrola zapnutí a vypnutí)
- ❖ Kohoutek (hovorový název malého ventilu)
- ❖ Křídlový ventil tzv. klapkový (používá se ve velkých rourách)
- ❖ Kulový ventil (regulace toku)
- ❖ Hydraulický ventil tzv. membránový
- ❖ Kontrolní ventil tzv. zpětný ventil (propouští tekutiny pouze jedním směrem)
- ❖ Pilotní ventil (reguluje tok nebo tlak jiných ventilů), [18].

Ventily mají široké uplatnění v nejrůznějších oblastech a jsou použité pro mnoho rozličných účelů:

- ❖ Kontrola toku tekutin (srdeční chlopeč)
- ❖ Kontrola přívodu a odvodu palivové směsi (sací a výfukový ventil)
- ❖ Snížení tlaku na nastavenou dolní hodnotu (redukční ventil)
- ❖ Redukce vysokého tlaku plynové náplně v nádobách (regulační ventil)
- ❖ Přesměrování toku tekutin (3-cestný ventil)
- ❖ Nastavení diferenciálního tlaku na korekci potenciálně nebezpečné situace (bezpečnostní a pojišťovací ventil), [18].

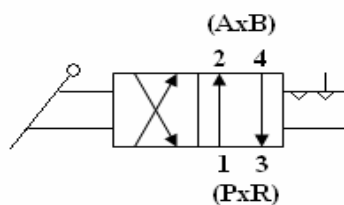
Díky širokému upotřebení a druhů ventilů jsou též navrženy různě způsoby ovládání:

- ❖ Manuálně (ručně)
- ❖ Mechanicky
- ❖ Pneumaticky
- ❖ Elektronicky
- ❖ Kombinací uvedených způsobů

Pro měřicí aparaturu byly vybrány dva regulační ventily:

VH2 12 – F02

Ventily jsou vyrobeny firmou SMC Industrial Automation CZ s.r.o. Základní charakteristikou je robustnost a ruční ovládání pomocí páky. Možné je zde nastavit dvě polohy 4/2 ventilu s plochým šoupátkem. Rozsah provozního tlaku je 1MPa. Velikost připojovacího závitu je 1/4 ″. Ventil je možné namontovat do panelu nebo upevnit na libovolnou konstrukci. Průtok vzduchu je plynule regulovatelný od nuly do maxima úhlem nastavení páky, což pro tento typ ventilu je omezeno hodnotou 393 Nl/min. Na obr.8 je zobrazen symbol tohoto ventilu, [19].



Obr.8 - Symbol ventilu VH2 12 – F02 [19]

4.1.2. Regulátor

Regulátor je zařízení určené k usměrnění či upravení okamžitých hodnot na požadované hodnoty a je nejdůležitějším prvkem regulačního obvodu. Každý regulátor má minimálně dva vstupy a výstup. Prvním vstupem bývá požadovaná veličina regulované veličiny, druhým vstupem je skutečná hodnota regulované veličiny. Další vstupy mohou představovat různé korekční signály. Regulace je definována jako udržování hodnot regulované veličiny podle daných podmínek a hodnot této veličiny zjištěných měření.

Druhů regulátorů je mnoho i jejich konstrukčních provedení. Základní rozdělení regulátorů je podle jejich výstupní (akční) veličiny, zda se mění spojitě či nespojitě.

- ❖ Spojité regulátory – všechny jejich členy pracují spojitě. Výstupní (akční) veličina je spojitou funkcí regulační odchylky.
- ❖ Nespojité regulátory – jsou charakteristické tím, že alespoň jeden člen regulátoru pracuje nespojitě. Existuje nespojitý vztah mezi regulační odchylkou (vstupní veličinou regulátoru) a akční veličinou (výstupní veličinou regulátoru).

Z jiného hlediska jsou regulátory rozděleny na přímé a nepřímé:

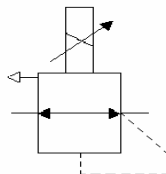
- ❖ Přímé regulátory - jsou charakteristické tím, že energie odebíraná z jejich snímače stačí na přímé ovládání akčního členu. Tyto regulátory tedy pro svou činnost nepotřebují pomocnou energii.
- ❖ Nepřímé regulátory - se používají v těch případech, kdy energie odebíraná z jejich snímače by nestačila k přímému ovládání akčního členu. Proto je nutné mezi porovnávací člen a akční člen zařadit zesilovač. Tyto regulátory tedy pro svou činnost potřebují pomocnou energii. Podle druhu použité pomocné energie jsou nepřímé regulátory rozděleny:
 - pneumatické regulátory,
 - hydraulické regulátory,
 - elektrické regulátory, [20].

Pro tuto měřicí aparaturu byl zvolen:

Elektro-pneumatický regulátor ITV2030-31F3N firmy SMC

Jedná se o regulátor tlaku, jehož řídicím signálem je napětí. Pro snadné zacházení, je opatřen displejem. Na displeji jsou vidět nastavené hodnoty minimálního a

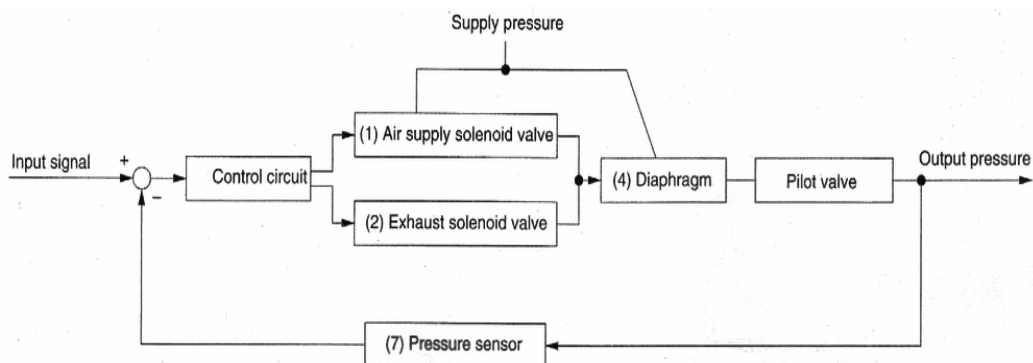
maximálního tlaku na výstupu a aktuální tlak vzduchu na výstupu. Na obrázku 9 je zobrazen symbol pro tento regulátor.



Obr.9 – Symbol elektro-pneumatického regulátoru ITV2030-31F3N

Elektro-pneumatický regulátor je nejdůležitější součást měřicího zařízení. Na jeho vstup je přiváděn filtry vyčištěný vzduch (*Input signal*), který projde skrz přívod vzduchu elektromagnetického ventilu (*Air supply solenoid valve -1*) přímo do řídicí komory. Zde je kontrolován tlak vzduchu pomocí membrány (*Diaphragm -4*). Je-li dosažena požadovaná hodnota tlaku (*Output pressure*) otevře se výstupní ventil a vzduch proudí z regulátoru přes řídicí ventil (*Pilot valve*) do další části měřicí aparatury. Pokud však hodnota tlaku, kterou zjistí tlakové senzory (Pressure sensor - 7), nevyhovuje požadované hodnotě řídicího obvodu (*Control circuit*), musí se upravit. Je-li tlak nižší, v řídicí komoře se tlak zvýší postupným přívodem dalšího vzduchu (*Supply pressure*). V opačném případě je zde vytvořena zpětná vazba v podobě vestavěného výfukového elektromagnetického ventilu (*Exhaust solenoid valve -2*), přes který je část vzduchu odveden z regulátoru pryč do okolního prostředí, [21].

Fungování tohoto regulátoru znázorňuje blokové schéma (obr. 10) Regulátor je napájen stejnosměrným napětím 0-10V. Hodnota vstupního proudu je od 0-20mA. Minimální napájecí tlak je 0,1MPa. Rozsah tlaku, který je regulovatelný přístrojem je od 0,005 – 0,5MPa, [21].



Obr.10 – Blokový diagram elektro-pneumatického regulátoru, [21].

4.1.3. Kompresor

Kompresor je stroj určený ke stlačování plynů a par. K dosažení spolehlivé práce kompresoru je třeba jej chladit. Chlazení je buď vodní, nebo vzduchové. Kompresor se používá především v technice, kde má mnohostranné využití (např. v hutnictví, inženýrském i pozemním stavitelství, ve všech druzích strojírenství, sklářství atd.)
Druhy kompresorů:

- ❖ Objemové (tlak plynu nebo páry lze zvýšit zmenšením jejich objemu). Dle konstrukce objemové kompresory dělíme :
 - Pístový kompresor (změny objemu plynu se dosahuje přímočarým vratným pohybem pístu ve válci)
 - Rotační kompresor (změny objemu plynu se dosahuje otáčejícím se jedním či dvěma písty kolem osy rovnoběžné s osou válce), [22].
- ❖ Rychlostní (zvýšení tlaku důsledkem zrychlení proudícího plynu, kdy jejich kinetická energie se přemění v tlak), tzv. lopatkové kompresory. Dělíme je:
 - Odstředivý kompresor (vysokou obvodovou rychlostí lopatek vznikne odstředivá síla, která vyvolá stlačení plynu)
 - Osový kompresor (zvýšení tlaku a proudění plynu je vyvoláno oběžnými koly s vratnými lopatkami, které proudění usměrňují)

Pro měřicí aparaturu byl zvolen kompresor:

Silent 50

Silent 50 je pístový olejový kompresor vyráběný americkou firmou Silent Air Compressors. Pracuje téměř nehlučně, je přenosný (hmotnost 22 kg) a má plně automatický provoz. Zapíná a vypíná se přes tlakový spínač. Píst vykoná 2900 otáček za minutu. Tlak kompresoru může dosáhnout až 8 bar. Odvod vzduchu je uskutečněn přes rychlospojku. Nasávané množství vzduchu je až 50 l/min a plnicí množství kompresoru je 36 l/min. Velikost vzdušníku je 9 l. Obsahuje armaturovou jednotku s redukčním ventilem s filtrem pro regulaci vzduchu. Nevýhodou tohoto kompresoru je doba jeho použití. V provozu může být zapnutý cca hodinu, potom dochází k jeho přehřátí. Z toho důvodu se musí často vypínat, [23].

4.1.4. Průtokoměr

Rozsah použití průtokoměru je velmi široký, používá se od měření průtoku krve až po měření rychlosti proudění říčních toků nebo mořských proudů. Vyrábí se průtokoměry nejrozličnějších rozsahů teplot proudícího média, tak i rozsahu tlaků proudící kapaliny, rozměrů, fyzikálních principů a konstrukcí. Vždy záleží na konkrétním prostředí, ve kterém využijeme průtokoměru. Průtokoměr je senzor průtoku tekutin. Přehled senzorů tekutin :

- ❖ Přímé
- ❖ Nepřímé
- ❖ Otevřené kanály
 - přehrady
 - hráze
- ❖ Uzavřené kanály
 - objemové
 - plováčkové (rotametr)
 - rychlostní (turbínové, lopátkové, indukční, ultrazvukové, značkovací, škrťící orgány atd.)
 - dávkovací (ozubená kola, rotující píst, bubnové)
 - hmotnostní
 - Coriolisova síla (U-trubice)
 - tepelné (kalorimetrické, anemometry), [24].

Objemové množství Q_v a hmotnostní množství Q_m určujeme na základě průřezu, kterým proteče tekutina za jednotku času.

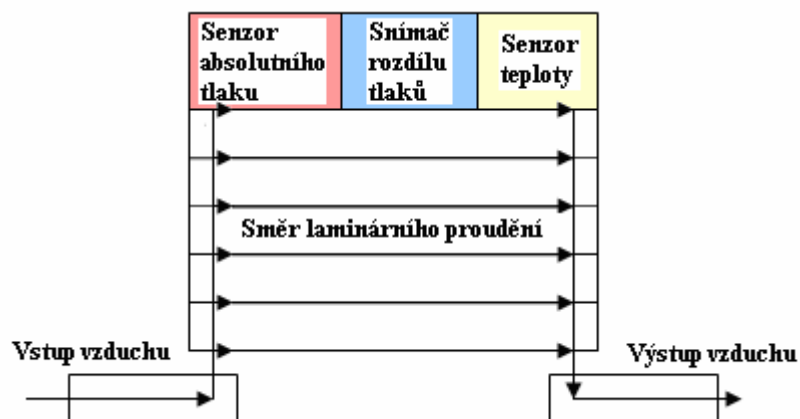
Pro měřicí aparaturu byl zvolen průtokoměr:

FMA - 1610 A

V původním návrhu byl vybrán objemový průtokoměr firmy Omega FVL-1609A, ten však nevyhovoval požadovanému měření. Nedokáže provést tlakovou a teplotní kompenzaci na normální podmínky ($1,01325 \cdot 10^5$ Pa, 25 °C). Tento přepoččet se musí dělat pomocí přepočtového vzorce a prodlužuje se tím měření.

Průtokoměr tohoto typu je vyráběn firmou OMEGA. Jedná se o hmotnostní, rychlostní průtokoměr, představující nejrozšířenější skupinu průtokoměrů používaných na celém světě. Využívá princip snímání diferenčního tlaku a jedná se o tzv. indukční průtokoměr.

Mezi základní charakteristiky toho průtokoměru se řadí zobrazení průtoku, teploty a tlaku na displej, kterým je opatřen. Rozsah měření je od 0-100 l/min, kterému odpovídá napěťový rozsah 0-5V. S počítačem je propojen sériovou komunikační linkou RS-232. Doba odezvy je přibližně 10 ms. Skládá se z deskového laminárního průtokového elementu, žádných pohyblivých částí, diferenciálního snímače tlaku a moderní elektronické části, které zajišťují vysokou přesnost měření a spolehlivost přístroje. Vzduch prochází v jednotlivých paralelních cestách po celé délce desek. Pro měření průtoku se využívají dva fyzikální parametry plynů, kterým je tlak a viskozita. Využívá měření diferenčního tlaku (rozdílu tlaků), absolutního tlaku a teploty v prostoru laminárního proudění. Měření proudění mezi poklesem tlaku a průtoku je lineární. V průtokoměru je zabudován mikroprocesor a uživatelský software provádí tlakovou a teplotní kompenzaci na normální podmínky. Schéma principu měření tohoto průtokoměru je zobrazeno na obr. 11, [25].



Obr.11 - Schéma principu měření průtokoměru FMA - 1610 A

4.1.5. Filtr

Filtr je zařízení určené k zadržování, pohlcování a oddělování nežádoucí složky ze směsi (disperzního systému), která skrz něj proudí. Filtry se nejčastěji používají k filtraci vzdušin a kapalin.

V praktickém životě se lze setkat s mnoha typy filtrů, které mají různý způsob použití a různé filtrační účinky. Použití našly jak v průmyslu, tak v běžném životě a používají se prakticky všude. V aparatuře byl použit vzduchový filtr. Filtry určené k filtraci vzdušin se dělí podle velikosti dispergovaných částic, které má filtr zachytit z disperzního prostředí:

- ❖ Filtr pro hrubý prach (částice větší než 10 μm)
- ❖ Filtr pro jemný prach (částice od 1 μm do 10 μm)
- ❖ Filtry pro mikročástice (částice od 0,01 μm do 1 μm)
- ❖ Filtry pro mikročástice
- ❖ Filtry pro absorpci plynů, [26].

Další dělení filtrů je podle způsobu zachycování částic ve filtračním materiálu:

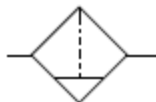
- ❖ Povrchové (velikost zachycených částí závisí na velikosti pórů)
- ❖ Hloubkové (k zachycení částic dochází uvnitř filtru)

Pro měřicí aparaturu byly zvoleny filtry:

EAF3000 -F03

Filtr EAF3000-F03 vyrábí firma SMC Industrial Automation CZ s.r.o. Slouží k zachycení hrubých prachových částic ze vzduchu. Použitelný je jak samostatně, tak i v kombinaci s jinými prvky. Hustota filtrační vložky je 5 μm , může být ale i vyšší i nad 10, 20, 40, 70, 100 μm . Předností je snadná výměna filtrační vložky. Rozsah provozní teploty je 5- 60° C. K odstranění nečistot ze vzduchu dochází pomocí tzv. deflektoru, na který je přiveden vzduch. Deflektor je opatřen o-kroužkem, který díky odstředivé síle rozmetá nečistoty na stěny jímky, které postupně klesají na její dno. Z toho důvodu musíme pravidelně kontrolovat hladinu kondenzátu v jímce filtru, aby nedošlo k poškození filtru (objem jímky 20 cm^3). Vypuštění kondenzátu je možné provádět jak

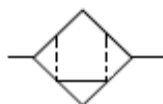
automaticky, tak mechanicky. Čistý vzduch je usměrněn odrazným kotoučem na výstup přes plastovou filtrační vložku. (Průtok vzduchu při 0,7 MPa je 1450 NI/min) Na obr.12 je zobrazen symbol tohoto filtru, [27].



Obr.12 - Symbol filtru EAF3000-F03 [27]

EAFM3000-F03

V aparatuře je použit hned za EAF3000-F03 filtrem i mikrofiltr EAFM3000-F03 vyráběný stejnou firmou. Tento filtr odděluje jemné prachové částice ze vzduchu a slouží i k zachycení oleje, z toho důvodu byl i vybrán. Hustota filtrační vložky je 0,3 μm a její výměna je též velmi snadná. Provozní rozsah filtru je stejný jako předešlý, proto je i použití těchto filtrů v aparatuře vhodné. Vzduch je filtrován přes plastovou vložku, která zachycuje částčky oleje, které pak stékají do jímky. Funkce filtru je jinak stejná jako filtru EAF3000-F03. Na obr.13 je zobrazen symbol tohoto filtru, [28].



Obr.13 - Symbol filtru EAFM3000-F03 [28]

4.1.6. Tlakový snímač

Senzor tlaku se nazývá tlakoměr. Princip tlakových snímačů spočívá v působení síly na určitou plochu a z definice tlaku určíme: Tlak prostředí p [$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N.m}^{-2}$] je definován silou F [N] působící kolmo na jednotku plochy S [m^2], tedy

$$p = \frac{F}{S}. \quad (9)$$

Tlakoměry se používají v mnoha měřicích systémech. Nejčastěji za účelem zjistit absolutní tlak ve zkoumaném prostoru (absolutní tlak p_a [Pa] je měřen od absolutní nuly). Vytváří elektrický nebo neelektrický signál, odpovídající příslušnému měření tlaku. Snímačů tlaku je velké množství, liší se funkcí, použitím, i konstrukčně. Obecně snímače jsou rozděleny:

- ❖ Aktivní (generátorové) - jsou zdrojem elektrického signálu
- ❖ Pasivní (parametrické) - vstupní neelektrická veličina se mění na odpor, kapacitu.

Druhy snímačů jsou určovány na základě fyzikálního principu, pomocí kterého je měřen tlak:

- ❖ Deformační snímače tlaku - membránové
- ❖ Deformační snímače tlaku - trubicové
- ❖ Kapacitní snímače tlaku
- ❖ Piezoelektrické snímače tlaku
- ❖ Optoelektrické deformační snímače tlaku
- ❖ Odporové snímače tlaku
- ❖ Indukčnostní snímače tlaku
- ❖ Elektrokinetické snímače tlaku
- ❖ Magnetické snímače tlaku
- ❖ Snímače tlaku s povrchovou akustickou vlnou
- ❖ Snímače tlaku s akustickým rezonátorem, [24].

Pro měřicí aparaturu byl použit tlakoměr:

PX163-2.5BD5V

Tento snímač vyrábí firma Omega a pochází se série tlakoměru PX 163. Jedná se o nízkotlaké snímače relativního, absolutního a diferenčního tlaku. Základní charakteristikou tohoto snímače je hodnota napěťového výstupu, která se pohybuje od 1 do 6 V. Tlakoměr je napájen 8 V. Pomocí něj můžeme měřit rozdíly tlaků, absolutní tlaky a vakuum. Rozlišovací schopnost tlakoměru je obousměrná $\pm 2,5$ palce vodního sloupce (1 palec vodního sloupce = 249,089 Pa). Zařízení se nachází ve vysoce odolném plastovém obalu. Velkou předností je přesné měření a teplotní kompenzace přístroje. Dokáže vykompenzovat teplotu od 5 do 45 °C. Odezva přístroje je 1 ms, [29].

V aparatuře slouží k určení tlaku vzduchu, který prochází tkaninou. Hodnota stlačeného vzduchu je zde porovnávána s atmosférickým tlakem, jehož hodnota je $p_N = 1,01325 \cdot 10^5$ Pa. Výstupní hodnota je zde v podobě napěťového signálu zaznamenávána do grafu a i ukládána do souboru.

4.1.7. Digitální kamera

Jakákoli kamera slouží k zaznamenání obrazu. Obraz pořízený digitální kamerou může být, bez větších problémů, promítán na obrazovce televizoru či monitoru. Záznam pořízený z digitální kamery může být dále zpracováván, což je velkou předností.

Pro měřicí aparaturu byla zvolena digitální kamera:

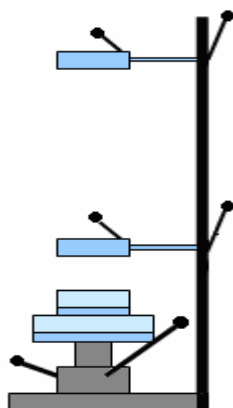
PL -A662

Model PL - A662 je model mikroskopické digitální kamery, kterou vyrábí firma PixeLINK. Kamera zaznamenává barevný obraz o rozlišení 1280 x 1024 bodů. Pořídí 12,7 snímků za sekundu s kvalitou barev o 8 bit nebo 10 bit. Nevýhodou kamery je komunikace pouze přes rozhraní FireWire. Neumožňuje tedy komunikovat s jiným softwarem, jako je LabVIEW. Zacházení s kamerou je velmi jednoduché. Software obsažený v balíčku s kamerou umožňuje práci jak s pomocí notebooku, tak i klasického stolního PC. Ke kameře můžeme přidat externí sadu čoček pro větší zvětšení pořizovaného obrazu. Tak můžeme snímat reálný obraz struktury tkaniny, kterou právě prochází stlačený vzduch, [30].

4.1.8. Upínací aparát

Podstatnou součástí aparatury je upínací hlava. Původní starší verze úpravy upínací hlavy nebyla vhodná a manipulace s ní nebyla jednoduchá. Vzduch procházel velmi malým otvorem o ploše $4,524 \text{ cm}^2$, což neodpovídalo stanovené evropské normě. Nádoba, umístěná pod čelistmi, se musela nejdříve naplnit vzduchem o požadovaném tlaku a tak docházelo k výrazným časovým ztrátám. Konstrukce nebyla optimálně provedena, proto byla navržena nová upínací soustava.

Nový upínací aparát (obr.14) byl vyroben na Katedře oděvnictví. Vytvořen je z kovového stojanu, který se skládá z nosné paty a ze dvou kovových držadel kruhového tvaru. Na nosné patě stojanu je posazena spodní část (dolní čelist) upínací hlavy. Vrchní část (horní čelist) je napevno připevněna na kovovém držadle. Upínací čelisti mají otvor o ploše 20 cm^2 , mezi které se upne zkoumaný vzorek textilie. Dolní čelist se může pohybovat směrem nahoru, aby bylo možné připevnit měřený vzorek. K manipulaci s dolní čelistí slouží dvě ručně ovládané páky. Menší je pojistkou, aby nedošlo k nežádoucímu samovolnému uvolnění čelisti. Větší slouží k posunu dolní čelisti směrem nahoru. Samotná dolní čelist se skládá ze dvou válců. Do horního válečku jsou vyvrtané dva otvory. Do jednoho z otvorů je umělohmotnou trubičkou přiváděn stlačený vzduch a z druhého otvoru je vyvedená jiná umělohmotná trubička, která válec spojuje s diferenčním snímačem tlaku. Ve spodním válci je umístěná dioda, která je napájena z přídatného zdroje napětí. Slouží k osvětlení vzorku textilie zespodu. Horní držadlo slouží k upevnění digitální kamery a soustavy přídatných čoček. Držadlo je pohyblivé a vzdálenost dolního držadla od horního se může měnit v rozsahu délky stojanu (30 cm).



Obr.14 - Upínací aparát

4.1.9. Měřicí karta

Slouží obecně ke zpracování elektrických hodnot vystupujících z měření v měřicí aparatuře. Zařízení slouží ke sběru dat pro stolní, přenosné i síťové aplikace pro některé typy sběrnic jako např. PCI, ISA, PXI, PCMCIA, USB a FireWire. Vkládají se do slotů na základní desce počítače. Existují však karty externí, které jsou připojeny k počítači pomocí komunikačního rozhraní RS 232. Sdružují v sobě obvykle funkce jako např. analogové vstupy a výstupy, čítače impulsů/ měřiče frekvence, číslicových vstupů a výstupů. Hlavním výrobcem desek je firma National Instruments. Firma má ve světě vedoucí postavení na trhu zařízení pro měření pomocí PC technologie.

Pro měřicí aparaturu byla zvolena deska:

NI PCI-6036E

Původně byla vybrána měřicí Multifunkční karta MF 614 od firmy Humusoft. Její hlavní nevýhodou bylo, že nešla ovládat pomocí vývojového prostředí LabVIEW. Karta podporuje pouze 12- ti bitové analogové vstupy a výstupy. Vzorkovací frekvence je též nízká, dosahuje maximální hodnoty 100Hz. Kartě dále chybí stabilizátor napětí, tím pádem docházelo k nežádoucím poruchám a byla výrobcí vrácena. Pro měření prodyšnosti byla karta nevhodná.

Měřicí karta NI PCI-6036E je vyrobena firmou National Instruments a pochází ze série Low-Cost E Series Multifunction DAQ. Jedná se o multifunkční kartu pro sběr dat do PCI nebo PCMCIA sběrnice. Umožňuje přímé připojení přístrojů. Karta má 16 analogových vstupů v 16-ti bitovém rozlišení. Maximální vzorkovací frekvence je 200 kHz. Karta je napájena vstupním rozpětím od $\pm 0,05V$ do $\pm 10V$. Nabízí až 2 analogové výstupy o vzorkovací frekvenci 10 kHz s rozlišením na 16 bitů. Výstupní napětí je $\pm 10V$. Další předností je 8 digitálních vstupů/výstupů (TTL/CMOS) a dva 24-bitové čítače/časovače. Měření pomocí této karty je ovládáno přes operační systém Windows XP a pro samotné měření je využito programové prostředí LabView. Karta je pro měření ideální a vhodná, [31].

5. ZJIŠŤOVÁNÍ PRODYŠNOSTI

5.1 PROGRAM VYTVOŘENÝ VE VÝVOJOVÉM PROSTŘEDÍ LabVIEW

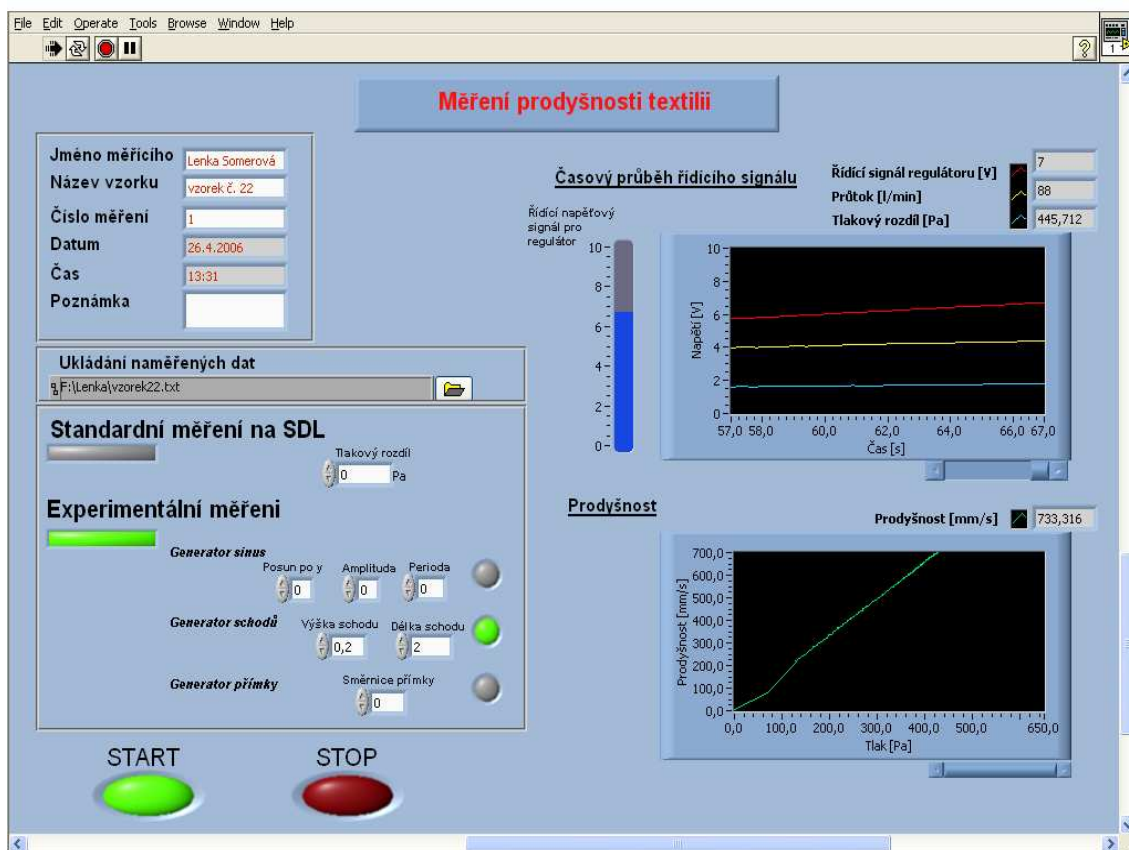
Uživatelské rozhraní programů v LabVIEW mívají často podobu skutečných měřicích přístrojů. Program v LabVIEW je proto nazýván virtuálním přístrojem (z anglického Virtual Instrument - VI).

Pro měření na novém přístroji pro hodnocení prodyšnosti byl vytvořen VI MereníProdyšnosti.vi. Pomocí tohoto VI lze měřit obdobně jako u standardního zařízení SDL M012 S nebo experimentálně. Při měření jako u SDL M021 S, se do programu zadává pouze požadovaná hodnota tlakového rozdílu Δp [Pa]. Při experimentálním měření si musí uživatel zvolit křivku, po které se bude měnit hodnota tlakového rozdílu. Program zajišťuje komunikaci s měřicí kartou NI PCI-6036E od firmy National Instruments. Přes tuto kartu je posíláno řídicí napětí na elektro-pneumatický regulátor. Karta též umožňuje příjem dat z průtokoměru a diferenciálního snímače tlaku. Program dokáže tato data vyhodnotit a průběžně vypočítat a zakreslovat prodyšnost do grafu a ukládat hodnoty do souboru.

5.1.1 Front panel

Front panel řídicího programu slouží jako interaktivní uživatelské rozhraní a je zobrazen na obr.15. Obsahuje několik sekcí, které budou stručně charakterizovány.

Identifikace měření - V této sekci zadá uživatel své jméno, název zkoušeného vzorku, číslo měření. Datum a čas nejsou potřeba vyplňovat, neboť se automaticky vyplní při spuštění VI. Jako poslední pole k vyplnění je poznámka. Zde může uživatel zadat jakékoli doplňující informace o měření. Všechny informace se uloží do výstupního souboru společně s naměřenými hodnotami. Identifikace měření tvoří hlavičku souboru, kam se data ukládají.



Obr.15 - Front panel programu na měření prodyšnosti

Uložení dat - Zde uživatel pomocí ikony pro ukládání dat (obr.16) vybere cestu kam se mají naměřené hodnoty uložit, společně s identifikací měření. Zvolit si může soubor již dříve vytvořený nebo si jej sám vytvořit. Soubor je vždy textový, typu „.txt“. Pokud si uživatel zvolí již existující soubor, nově naměřená data nepřepíše již existující text, ale zapisují se na konec daného souboru.



Obr.16 - Ukládání naměřených dat

Volba měření - V této sekci si uživatel může vybrat ze dvou možností pro měření vzorků: standardní měření jako na SDL M021 S a experimentální měření. Volbu vybraného měření, je vždy třeba potvrdit pomocí tlačítka (obr.17).

1. Standardní měření na SDL - měření se provede do zadané hodnoty tlakového rozdílu, kterého má být dosaženo. Tlak vzrůstá lineárně po přímce pod úhlem 14° .
2. Experimentální měření - Při této volbě je třeba ještě zvolit křivku, po které se bude měnit průtok vzduchu. Na výběr je sinusový náběh, schodový náběh a přímka. U všech křivek jsou vždy důležité další doplňující informace, bez kterých se program nedá spustit.
 - generátor sinusové křivky - posun po ose y, amplituda, perioda
 - generátor schodů - výška a délka schodu
 - generátor přímky - směrnice přímky

Volbu křivky je vždy třeba potvrdit pomocí tlačítka. Tlačítko je obdobné jako na obr.17, liší se pouze kulatým tvarem.

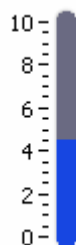


Obr.17 - Tlačítka pro volbu výběru

Spuštění programu - Měření se uvede do chodu pomocí tlačítka START

Ukončení programu - Program se ukončí sám pokud je dosaženo některých z mezních hodnot na regulátoru, průtokoměru či na diferenciálním snímači tlaku. Pomocí tlačítka STOP může být program kdykoli ukončen dříve. Mezní hodnota regulátoru je 10V pro řídicí napěťový signál, průtok vzduchu je omezen na 100 l/min a diferenciální snímač je omezen hodnotou 615,2 Pa.

Řídící napěťový signál pro regulátor- Pomocí tohoto analogového lineárního prvku (obr.18) se nám nejen zobrazuje aktuální hodnota řídicího signálu vstupujícího na elektro-pneumatický regulátor, ale nastavena může být i ručním posunem řídicího napěťového signálu.



Obr.18 - Lineární analogový prvek

Časový průběh řídicího signálu - V tomto grafu, který se nazývá *Waveform Chart*, jsou zobrazeny všechny napěťové signály ve voltech [V]. Červenou barvou je označen řídicí napěťový signál, který přijímá elektro-pneumatický regulátor. Žlutou barvou je označena hodnota na průtokoměru a modrou barvou je označena hodnota na diferenciálním snímači tlaku.

Nad pravým horním rohem grafu se nachází legenda ke grafu. Na prvním místě je uvedeno měřicí zařízení, na druhém místě je uvedena příslušná barva a na třetím místě je uvedena aktuální hodnota. U elektro-pneumatického regulátoru se jedná o napětí u [V], u průtokoměru se jedná o již přepočítanou hodnotu q [l/min] a u diferenciálního snímače tlaku se jedná také o přepočítanou hodnotu Δp [Pa].

Prodyšnost-

V tomto grafu, který se nazývá *Graph-XY*, je zobrazena pouze výsledná prodyšnost R [mm/s]. Vykreslována je zelenou křivkou.

Nad pravým horním rohem tohoto grafu je zobrazena legenda. Hierarchie je obdobná jako u předešlé legendy. Na prvním místě je napsána měřená veličina (prodyšnost), na místě druhém je zobrazena barva, kterou je prodyšnost zakreslována do grafu a na posledním místě se zobrazuje aktuální hodnota prodyšnosti.

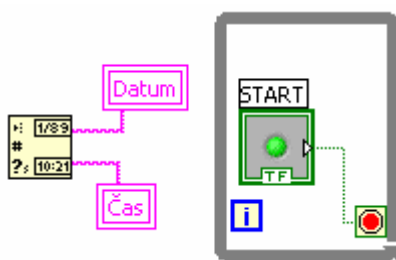
5.1.2 Blokový diagram

V běžném textově orientovaném programování se jednotlivé příkazy provádějí v pořadí, ve kterém jsou uvedeny ve zdrojovém kódu programu. V LabVIEW se však žádný textový zdrojový kód nenachází. Fungování VI se řídí jinými pravidly. K provedení jakéhokoli uzlu blokového diagramu dojde až v okamžiku, kdy na všech jeho vstupních terminálech jsou přivedena data. Poté co všechny vnitřní operace daného uzlu skončí, jsou výsledky těchto vnitřních operací vyslány na jeho výstupní terminály, odkud se šíří blokovým diagramem dále.

V blokovém diagramu (*Block diagram*) je zobrazen grafický kód k VI MereníProdyšnosti. V této kapitole je uveden popis jednotlivých sekvencí a logických struktur, kterými je program tvořen.

Celý program je uzavřen do struktury nazývané se sekvence (*Flat Sequence Structure*). Struktura umožňuje zajistit sekvenční provádění programu, čehož bylo také využito. Tato hlavní sekvence je složena ze dvou listů, jejichž provádění je postupné. V prvním listě se nachází cyklus (While Loop) a ikona sloužící k zjištění aktuálního data a času (Get Date & Time String)(obr.19).

V cyklu While Loop není definován počet průchodů. Slouží k opakovanému provádění části blokového diagramu. Opakování cyklu probíhá do té doby, dokud je podmínka vyhodnocena jako pravdivá (True). V tomto případě cyklus probíhá tak dlouho dokud není tlačítkem (START) nastavena na nepravdivá (False). Poté co je while loop nastaven na false skončí program v prvním listě a začne se vykonávat v druhý list sekvence.

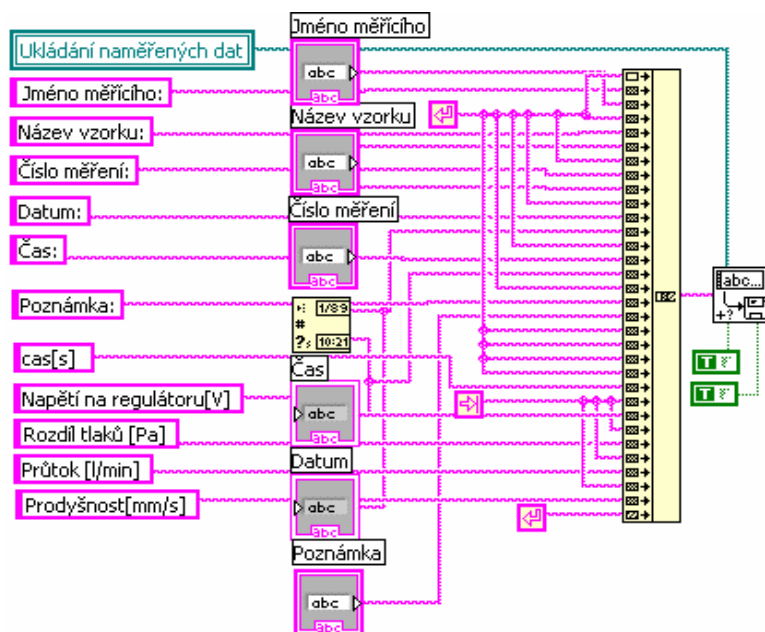


Obr.19 -Obsah prvního listu hlavní sekvence

Druhý list hlavní sekvence je tvořen dvěma podprogramy. První je blokový diagram pro ukládání hlavičky do souboru (obr.20). Cesta k souboru na disku je nadefinovaná nejdříve v čelním panelu a pomocí tohoto podprogramu jsou všechna data

do něj uložena. Skládá se z ikony pro zápis do souboru (*Write Charles To File.vi*). Její vstupy jsou:

- ❖ Název souboru, kam se data ukládají
- ❖ Textový řetězec, který byl spojen z více textových řetězců pomocí ikony (*Concatenate String*). Výstupní textový řetězec je tvořen informacemi o uživateli programu. Obsahuje údaje, které byly před začátkem měření vyplněny uživatelem do okna programu. Zobrazeno je uživatelské jméno, název vzorku, číslo měření a poznámka. Datum a čas nemusí být vyplněny, byly automaticky určeny pomocí funkce popsané již v prvním listě hlavní sekvence.
- ❖ Režim pro připojení dalšího textu (nastaven je na true)
- ❖ Způsob reprezentace (nastaven je na true)



Obr.20 - Uložení informací o měření do souboru

Druhý podprogram je tvořen několika dalšími podprogramy, které společně tvoří nejdůležitější část tohoto programu pro měření prodyšnosti. Všechny jsou uzavřeny v jednom hlavním cyklu (*For Loop*). Můžeme je pracovně rozdělit na několik částí:

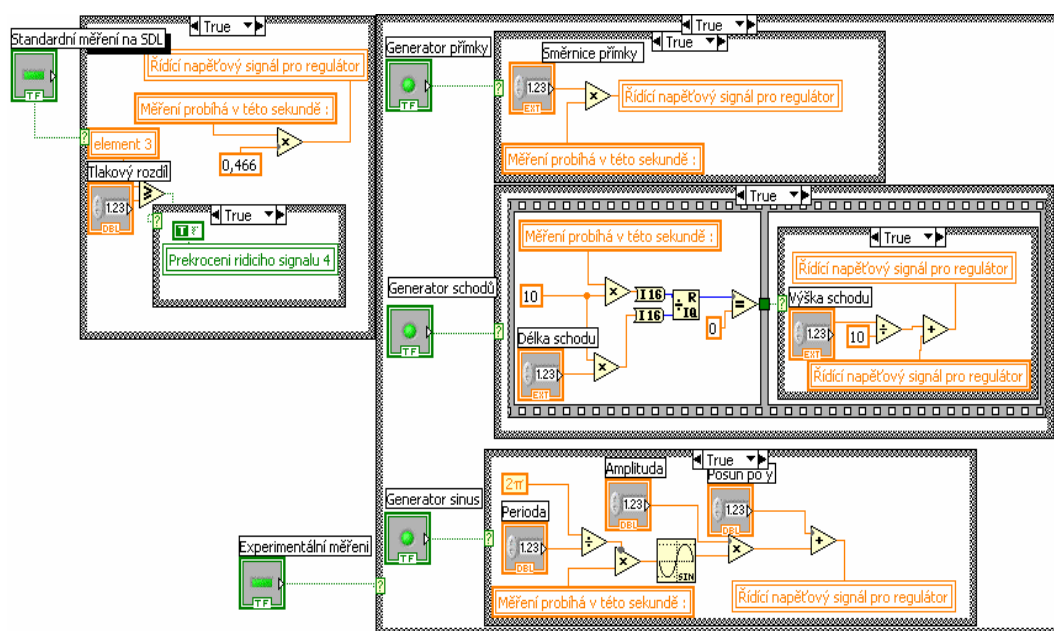
- ❖ Výběr druhu měření a zakreslení napěťových signálů do grafu.
- ❖ Vstup řídicího signálu na elektro-pneumatický regulátor.

- ❖ Příjem a přepoččet dat z diferenciálního snímače tlaku a průtokoměru přes měřicí kartu.
- ❖ Výpočet prodyšnosti a vykreslení do grafu.
- ❖ Uložení dat do souboru.
- ❖ Ochrana snímačů proti zničení.
- ❖ Ukončení programu.

Výběr druhu měření a zakreslení napěťových signálů do grafu

Pro tento účel slouží sekvence, která se nachází v horní části hlavního cyklu. Tvoří ji dva listy. V obou listech se nachází celkem tři podmíněné příkazy (*Case Structure*). Struktura *Case* obsahuje dva diagramy, které jsou uloženy pod sebou, takže v určitou chvíli je viditelný pouze jeden z nich. Každý z diagramů je umístěn v samostatném okénku. Provádí se pouze jeden, který splňuje podmínku. Jednotlivé listy se zobrazují v horní části rámečku a lze mezi nimi přepínat pomocí šipek v horní části ikony struktury Case.

V prvním listě se nachází dvě struktury Case. Slouží k výběru měření mezi standardním SDL M021 S a experimentálním měřením (obr.21). Výběr v obou případech se uskutečňuje pomocí proměnné typu *Boolean*.



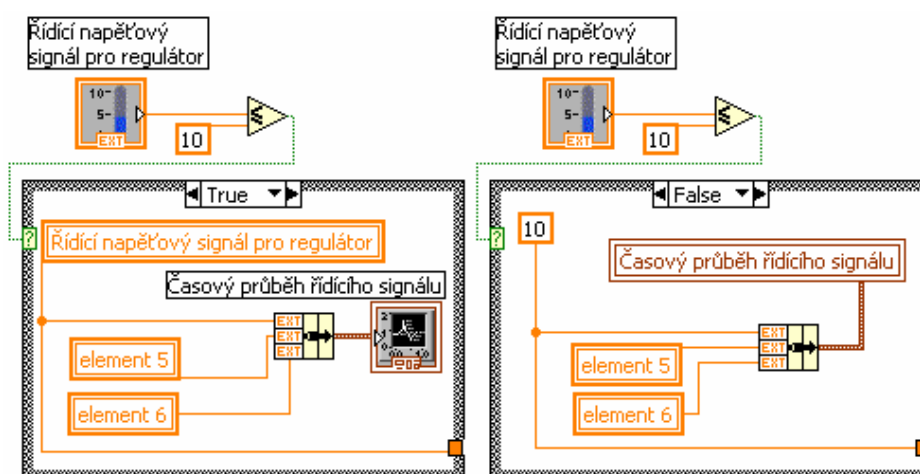
Obr.21 - Výběr druhu měření

Nastavením proměnné boolean na hodnotu true nebo false, bude vykonáván podprogram v příslušném okně. Při hodnotě false jsou okna prázdná.

Pro měření podle standardu SDL M021 S podprogram v okně true umožňuje lineární vzrůst řídicího signálu, pomocí kterého je řízen elektro-pneumatický regulátor. Signál vzrůstá od počátku pod úhlem 25° . V podprogramu je obsažena ještě jedna struktura case. Pomocí ní je porovnávána požadovaná hodnota tlakového rozdílu s aktuální. Porovnání je uskutečněno srovnávacím blokem, pokud je hodnota na výstupu vyhodnocena jako true je iniciována další hodnota boolean a program se ukončí. Princip ukončení měření bude ještě popsán.

Podprogram pro experimentální měření obsahuje tři struktury case, kterými se generuje řídicí signál vstupující do elektro-pneumatického regulátoru. Každá je opět vyvolána proměnnou boolean, která musí být nastavena na true. První slouží ke generování přímky, zde si uživatel zadá směrnici přímky, po které signál vzrůstá. Druhá slouží ke generování schodového signálu, kde je uživatelem zadána délka a výška schodu. Třetí struktura slouží ke generování sinusového signálu.

K vykreslení signálů slouží druhý list hlavní sekvence. Složen je ze struktury case. Pro tuto strukturu je stanovena podmínka. A to taková, že hodnota řídicího napěťového signálu pro regulátor nesmí být větší než deset. Pokud je podmínka vyhodnocena jako true, bude se vykonávat okno true nebo naopak (obr.22). V každém okně je obsažen podprogram, pomocí kterého jsou všechny signály zakreslovány do grafu. Pomocí lokálních proměnných je do grafu přivedena hodnota řídicího signálu pro regulátor, signál z průtokoměru a signál z diferenciálního snímače tlaku.



Obr. 22 - Vykreslení signálů do grafu

Vstup řídicího signálu na elektro-pneumatický regulátor

Řídicí signál je na regulátor posílán přes měřící kartu NI PCI-6036E. Základní charakteristiky karty se nachází v kapitole 4. Ke komunikaci s kartou je v programu využito bloku DAQ asistent (obr.23). Tento blok umožňuje pouze výstup dat na měřící kartu a posléze na elektro-pneumatický regulátor. Signál je posílán průběžně s frekvencí 10Hz. Posílaný signál odpovídá hodnotou řídicímu napětí.



Obr.23 - DAQ asistent

Příjem a přepoččet dat z diferenciálního snímače tlaku a průtokoměru přes měřící kartu.

Příjem dat je umožněn pomocí bloku DAQ asistent. Nastaveny jsou dva přijímací kanály. Prvním kanálem je přijímán napěťový signál z průtokoměru. Minimum je nastaveno na 0V a maximum na 5V. Druhým kanálem je přijímán napěťový signál z diferenciálního snímače tlaku. Minimum je nastaveno na 1V a maximum na 6V. Data jsou sbírána průběžně a to 100 vzorků s frekvencí 100Hz. Blok umožňuje pouze přijímání dat. Z bloku DAQ asistent data nevystupují odděleně, ale ve formátu zvaném *cluster*. Cluster je tzv. pole polí. Z toho důvodu je třeba tyto dvě pole od sebe oddělit, aby bylo možno s nimi dále pracovat. Pro odstranění nepřesností a náhlých změn napětí v síti je využito jednoho ze základních statistických výpočtů a to *Mean*. Pomocí něj je určována průměrná napěťová hodnota čísel ze vstupního pole (obr.24).

Od napěťové signálu pro tlakový rozdíl je nutno odečíst 3,5V. To je třeba udělat, protože pro hodnotu 3,5V je rozdíl stejných tlaků na obou koncích snímače roven nule (obr.24). Takto upravený signál společně se signálem z průtokoměru je prostřednictvím lokální proměnné vykreslován v již popsaném grafu.

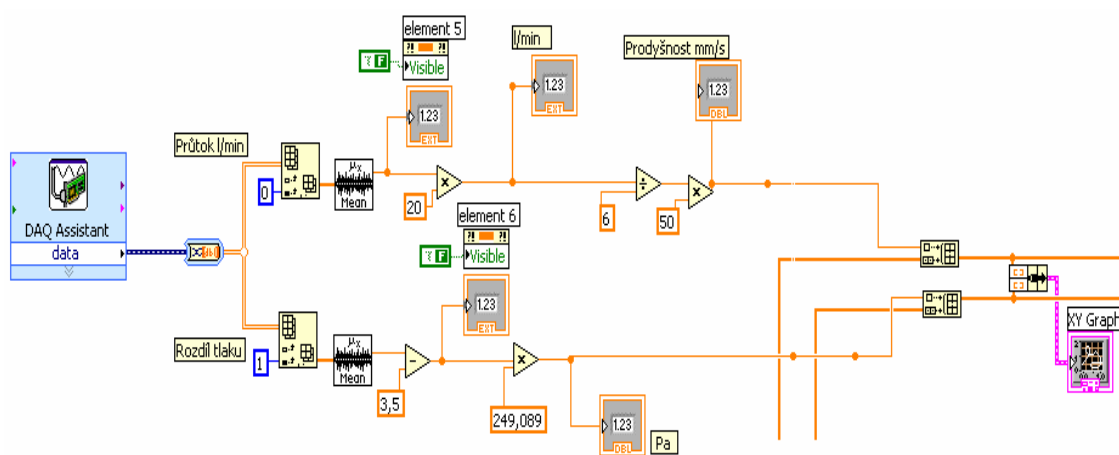
Pro další práci s daty je nutné data přepočítat na tlakový rozdíl [Pa] a průtok [l/min]. Z toho důvodu napěťový signál z průtokoměru vynásoben 20 a napěťový signál

z diferenciálního snímače tlaku vynásoben 249,089 (obr.24). Tyto přepočty jsou uvedeny v charakteristice jednotlivých snímačů v kapitole 4.

Výpočet prodyšnosti a vykreslení do grafu

Prodyšnost není měřena přímo, ale je ji nutno přepočítat z průtoku vzduchu, který má jednotky [l/min] a prodyšnost je v jednotkách [mm/s] (obr.24).

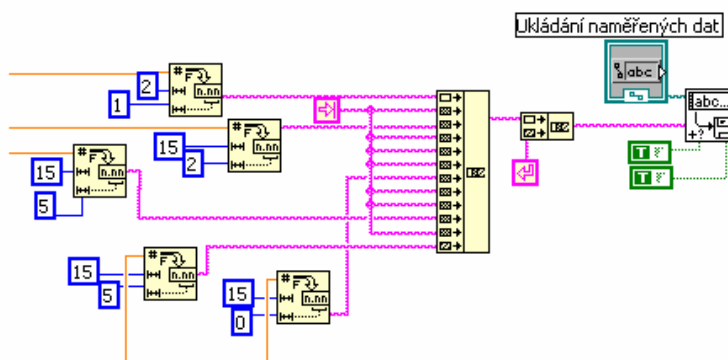
K vykreslení prodyšnosti v závislosti na tlaku byl použit graf *Graph-XY*. Aby bylo možné vykreslit závislost prodyšnosti na měnícím se tlaku bylo potřeba hodnoty tlaku a prodyšnosti uložit zvlášť do pole. K tomu účelu byla použita ikona *Build Array*, která slouží k zakreslování dat do pole. Problém v tomto případě je, že s každým novým cyklem v hlavním cyklu For Loop se pole přepíše a v grafu by byl tak vykreslován jeden bod. Proto bylo využito posuvných *Shift Registrů*. Díky nim se data uchovávají a v dalším kroku cyklu, ačkoli dojde k přepsání pole, se předchozí data uchovávají. Díky tomu může být graf vykreslován (obr.24).



Obr.24 - Příjem a zpracování dat

Uložení dat do souboru.

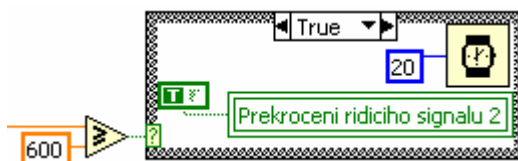
Nejdříve se do vybraného souboru uloží hlavička, jak již bylo popsáno. Aby bylo možné uložit číselné hodnoty času, napětí na regulátoru, rozdílu tlaků, průtoku a prodyšnosti do souboru je nutné čísla převést na textový řetězec. K tomu slouží ikona *Numer to Fractional String*. Všechny informace v textových řetězců jsou spojeny v jeden výstupní řetězec ikonou *Concatenate Strings*. Odděleny jsou řídícím kódem pro posun o řádek (*entrem*) a zapisovány pomocí ikony *Write Charactes To File.vi* do již předem zvoleného souboru (obr.26).



Obr.26 - Ukládání dat

Ochrana snímačů proti zničení.

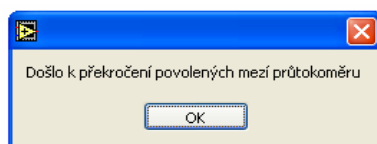
Ochrana snímačů je velmi důležitá. Z toho důvodu, že měření je ukončeno až v případě, když dojde k překročení mezních hodnot na některém snímači (obr.27). Pozorovány jsou hodnoty tlakového rozdílu, elektro-pneumatického regulátoru, průtokoměru a i požadovaná hodnota tlakového rozdílu při měření podle SDL M021 S.



Obr.27 - Struktura case sloužící porovnání aktuální a mezní hodnoty na diferenciálním snímači tlaku.

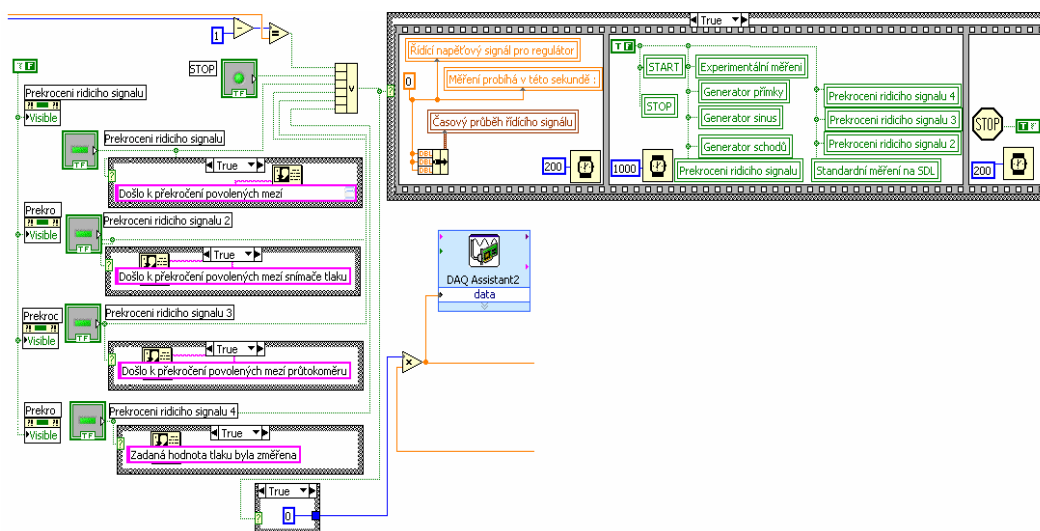
Ukončení programu

Program se ukončuje dvěma způsoby. První je, že v libovolné chvíli je zmáčknuto tlačítko STOP v čelním panelu. Druhý způsob je, když nastane již zmíněné překročení mezních hodnot na snímačích či splnění tlakového rozdílu při měření podle SDL M021S. V tu chvíli se zobrazí na obrazovce hláška s příslušným textem, (obr.28), pomocí ikony One Buton Dialog. Tato ikona umožňuje zobrazení dialogového okna se zadanou zprávou a potvrzovacím tlačítkem s textem OK.



Obr.28 - Hláška o překročení hodnot na průtokoměru

V obou dvou případech dojde k nastavení jedné z pěti hodnot boolean na true. Pokud se tak stane, bude v menší struktuře case nastaveno okno true a vstupující signál na kartu bude nulový. Tím dojde k uzavření průtoku vzduchu a ochraně snímačů před poškozením. Ve větší struktuře case je obsažena sekvence o třech listech. V první listu je podprogram pro zakreslení nulových signálů do grafu Waveform Charts. V druhém listu jsou všechny hodnoty boolean nastaveny na false. Ve třetím listě dojde k vypnutí programu a ukončení měření. Ve všech listech je nastaveno časové zpoždění, aby jednotlivé úkony byly vykonány.



Obr.28 - Ukončení programu

5.1.3 Výstup z programu

Výstupní data z měření prodyšnosti se ukládají do souboru, jehož název i cestu si může uživatel zvolit libovolně. V případě že uživatel zapomene změnit již předem zadanou adresu pro uložení dat, soubor se mu nikdy nepřepíše. Program neumožňuje přepsání již existujícího souboru, proto nehrozí ztráta dat.

Struktura výstupního souboru je vždy stejná, mění se pouze informace o měření a hodnoty zaznamenávané měřícími přístroji. Ukázka výstupního souboru je zobrazena na obr.29.

Jméno měřícího: Lenka Somerová Název vzorku: vzorek č. 5 Číslo měření: 1 Datum: 12.4.2006 Čas: 9:23 Poznámka:				
čas [s]	Napětí na regulátoru [V]	Rozdíl tlaků [Pa]	Průtok [l/min]	Prodyšnost [mm/s]
0,1	1,00	208	26,98810	224,90087
0,2	1,00	206	26,99342	224,94517
0,3	1,01	204	26,65796	222,14963
0,4	1,01	204	26,56589	221,38240
0,5	1,02	204	26,62213	221,85104
0,6	1,02	204	26,58454	221,53781
0,7	1,03	204	26,60984	221,74871
0,8	1,03	203	26,52657	221,05474
0,9	1,04	203	26,50472	220,87265

Obr.29- Výstupní soubor z měření

5.2 MĚŘENÍ VZORKŮ

Pro srovnávací měření prodyšnosti byla vybrána náhodná sada 26 vzorků. Vybrány byly různé oděvní materiály ze zdrojů Katedry oděvnictví. Vzorky těchto materiálů jsou pod čísly od 1 do 26 uvedeny v příloze č.1.

Podstata zkoušky:

Měříme rychlost vzduchu, procházejícího kolmo danou plochou plošné textilie při stanoveném tlakovém spádu.

Hodnota tlakového spádu pro oděvní plošné textilie je 100Pa. Vzorky nesmí být nikterak zmačkané a poškozené.

K proměření jsou kladeny vždy lícem vzhůru. Určována je tak odolnost vůči pronikání větru. V opačném případě, rubem nahoru, by byla hodnocena prodyšnost směrem od organismu do okolí.

5.2.1 Měření pomocí programu

Na novém přístroji pro hodnocení prodyšnosti byla měřena prodyšnost pomocí softwaru vytvořeného speciálně pro tento přístroj.

Popis zkoušky:

1. Zapneme kompresor.
2. Do upínacích čelistí vložíme zkoumaný vzorek a řádně jej upneme.
3. Zapneme snímače tlaku, průtoku a elektropneumatický regulátor.
4. Otevřeme si v PC program pro měření prodyšnosti.
5. Do programu zadáme:
 - jméno měřícího
 - popis vzorku
 - číslo měření
 - soubor, do kterého se mají výsledné hodnoty uložit
 - popřípadě poznámku

6. Zvolíme zda měření bude probíhat:

- a) klasicky
- b) experimentálně

7. Důsledky volby:

- a) Zvolíme-li klasické měření, měření bude probíhat obdobně jako na standardním přístroji. Zadáme zde pouze hodnotu rozdílu tlaku, pro který chceme určit prodyšnost.
- b) Zvolíme-li experimentální měření, řídicí signál elektropneumatickému regulátoru posíláme pomocí:
 - přímky (zadááme směrnici)
 - schodového náběhu (zadáme délku a výšku schodu)
 - sinusového průběhu (zadáme posun po ose y, amplitudu, periodu)
 - ručně (posun výšky hladiny na ukazateli řídicího signálu)

8. Zmáčkne tlačítko START.

9. Ukončení programu:

- a) Program se sám ukončí, jakmile dosáhne zadané hodnoty tlakového rozdílu.
- b) Program se ukončí automaticky, jakmile dojde k překročení povolených mezí jednotlivých komponent.

Kdykoli však můžeme měření ukončit tlačítkem STOP.

Podmínky při měření:

Měření neprobíhalo v klimatizované místnosti. Bylo uskutečněno v místě sestrojení přístroje.

Rozměry vzorků : 15x15 cm

Tlakový spád:

Vzorky na novém přístroji pro měření prodyšnosti byly proměřeny v celém možném měřicím rozsahu přístroje.

Měření:

Každý vzorek byl změřen jedenkrát. Nebylo zde třeba měření opakovat, jelikož do průběhu měření se nemuselo nikterak zasahovat a bylo vždy stejné.

V programu byla nastavena možnost měřit prodyšnost experimentálně – schodovým náběhem:

- výška schodu = 0,2V

- délka schodu = 15 s

Výpočet výsledků:

Výpočet výsledků se nemusí provádět. Výsledná prodyšnost je vyhodnocována programem a ukládána do souboru. Do souboru se ukládají i průběžné výsledné hodnoty (čas, řídicí napětí, průtok, rozdíl tlaku a prodyšnost). Data jsou přístupná k dalšímu zpracování.

Výsledky měření:

Výsledky z měření na novém přístroji pro hodnocení prodyšnosti jsou uvedeny v příloze č.2.

Výsledky jsou zpracovány do grafů, které jsou přehledné a je z nich patrná změnu prodyšnosti při změně tlaku.

5.2.2 Měření na SDL M 021 S

Srovnávací měření bylo provedeno na standardním přístroji SDL M 021S.

Popis zkoušky:

1. Seřízení tlakového spádu na nulovou polohu pomocí tlakového šroubu.
2. Zkontrolování uzavření ventilů “A“ a “C“, avšak ventil “B“ nesmí být úplně nikdy uzavřen.
3. Zkušební vzorek se upne do kruhového držáku, který je nutno utáhnout dostatečnou silou, aby nedošlo k nasávání vzduchu možnými průduchy.
4. Průtokoměr je třeba nastavit na polohu “4“, sešlápnutím pedálu se pomocí nasávacího zařízení nasává vzduch přes vzorek.
5. Pomalým a opatrným otáčením ventilu “C“ se nastaví doporučený tlakový spád.
6. Po 1 minutě se může odečíst průtok vzduchu, který ukazuje plováček v průtokoměru.

7. Pokud by se v průtokoměru “4” plováček nezvedl, je třeba uzavřít ventil “C” s průtokoměrem “4”.
8. Následně je třeba zvolit průtokoměr s nižším číslem a opakovat postup 5. a 6. Postup je opakován doby dokud bude možné odečíst hodnotu průtoku vzduchu [ml/s], [9].

Podmínky pro měření:

Měření probíhalo v klimatizované komoře na Katedře oděvnictví při podmínkách:

- teplota	22,4 °C
- vlhkost vzduchu	45 %

Rozměry vzorků : 15x15 cm

Tlakový spád:

Pro porovnání s hodnotami naměřenými pomocí softwaru na novém přístroji pro měření prodyšnosti textilií byly vybrány hodnoty tlakového spádu 50 Pa a 100Pa. Při zvýšení tlakového rozdílu nebylo možné zjistit již průtok vzduchu.

Měření:

Jelikož byl proměřován přístroj, nebyla měřena prodyšnost vzorků na různých místech, ale pouze na jednom místě. Každý vybraný vzorek byl proměřen 10x a byla stanovena chyba měření z již známých důvodů.

Výpočet výsledků:

1. Z jednotlivých měření byl vypočítán aritmetický průměr a chybu průměru.
2. Výpočet prodyšnosti R, dle kapitoly 2.4.3. Přístroje pro hodnocení prodyšnosti:

$$R = \frac{\overline{q_v}}{A} * 10 \quad [\text{mm/s}] \quad (4)$$

, kde:

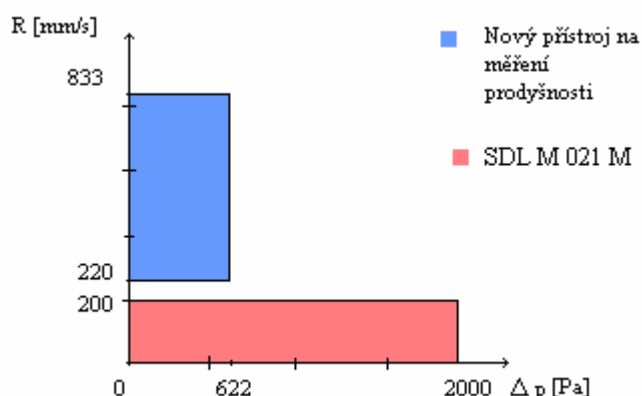
q_v	aritmetický průměr rychlosti průtoku vzduchu v [ml/s]
A	zkoušená textilie v [cm ²]
10	přepočítavací faktor z [ml/s] na [mm/s], [9].

Výsledky měření:

Výsledky z měření na standardním přístroji SDL M021 S jsou zpracovány v příloze č.3. Je z nich patrné, že jednotlivé hodnoty se od sebe liší v závislosti na materiálu textilie. Patrné jsou i rozdíly v chybě jednotlivých měření a následně pak i v prodyšnosti. K velikému rozptylu hodnot docházelo převážně při hodnotě 100 Pa, kdy průtok násávaného vzduchu byl téměř, nebo zcela maximální. Proud vzduchu neustal na jedné hodnotě, ale neustále se měnil s určitou odchylkou. Například pro vzorek č.11 byl průtok vzduchu při hodnotě 100Pa 323,1 ml/s. Takto velký průtok vzduchu přes tkaninu způsobil odchylku o 1,14 ml/s. Naopak při měření vzorku č.16 nedošlo k žádné odchylce při hodnotě 50Pa a ani při hodnotě 100Pa. Směrodatná odchylka byla tedy nulová.

5.3 DISKUZE NAD VÝSLEDKY

Sada stejných vzorků textilií byla proměřena, jak na novém přístroji tak i na standardním přístroji SDL M021 S. Měření na těchto přístrojích bylo popsáno v kapitole 5.2. Měření vzorků. Rozsah měřících přístrojů není stejný (obr.30). Liší se v rozsahu tlakového rozdílu Δp [Pa] i v rozsahu měření prodyšnosti. Z obr.30 je však patrné, že hodnoty prodyšnosti na sebe téměř plynule navazují. Rozmezí, pro které není možné určit prodyšnost je minimální a činí pouze $R = 20$ [mm/s].



Obr.30-Rozsah měření použitých přístrojů

Při srovnání měření těchto dvou přístrojů bylo využito právě návaznosti prodyšnosti. Z hodnot získaných na novém přístroji byl sestaven graf a hodnoty získané na SDL M 021 S byly do tohoto grafu přidány. Data z jednotlivých přístrojů byla spojena křivkou.

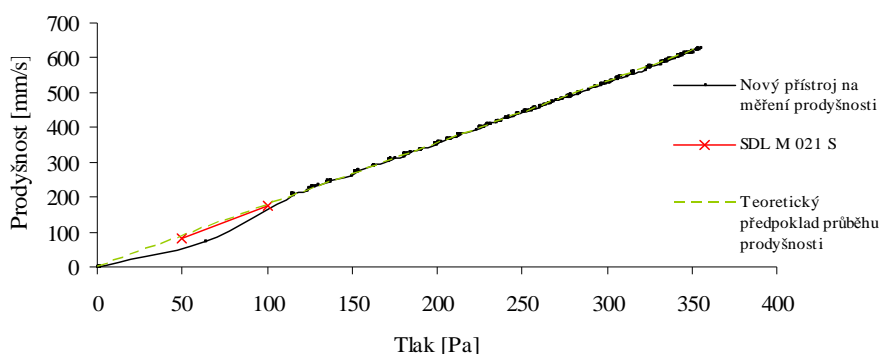
Nelinearita dat naměřených na novém přístroji do tlakového rozdílu 220 je způsobená elektro-pneumatickým regulátorem. Schopnost regulovat průtok vzduchu dokáže regulátor až od hodnoty řídicího napětí $U = 1 \text{ V}$. Toto napětí na výstupu je rovno přibližné hodnotě průtoku vzduchu $q = 26 \text{ [l/min]}$. Tomuto údaji odpovídá prodyšnost, která je rovna $R = 220 \text{ [mm/s]}$. Mění se pouze tlak pod upnutou textilií.

Pro určení shody měření na těchto dvou měřicích aparaturách, byla hodnotami z nového přístroje proložena křivka. Tato křivka znázorňuje průběh prodyšnosti v závislosti na měnícím se tlaku i v oblasti, kterou není nový přístroj schopen proměřit.

Předpoklad pro určení shody těchto přístrojů je takový, že naměřená data na standardním zařízení SDL M021 S se budou nacházet na této křivce.

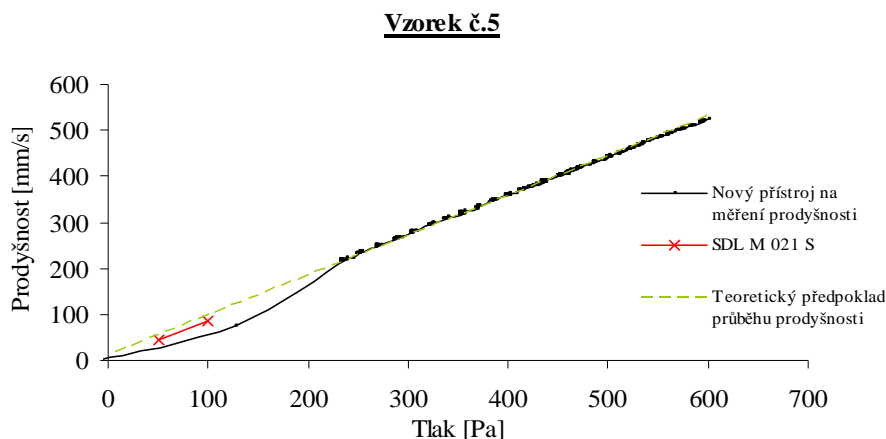
Z obr.31 je patrné, že křivka proložená daty naměřenými na novém přístroji je lineární. Zanedbána je však oblast, pro kterou nedokáže regulátor fungovat. Teoretický předpoklad průběhu prodyšnosti simuluje právě tato křivka. Zřejmé je, že data zjištěná pomocí SDL M021 S jsou téměř identická s teoretickým předpokladem. Rozdílnost naměřených dat je velmi malá a mohla být způsobena nepřesným odečítáním z průtokoměru při měření na SDL 021 S nebo pouhým rozdílem utažení vzorku v upínací hlavě, jak v případě přístroje SDL M021 S, tak i nového přístroje.

Vzorek č.1

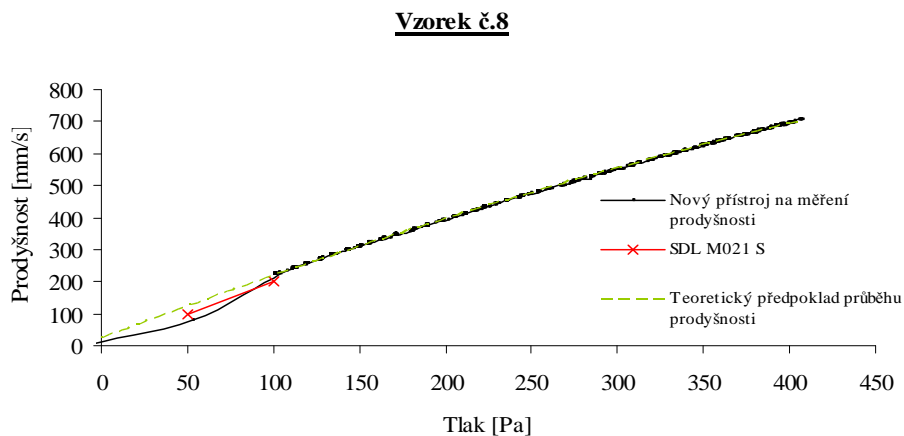


Obr.31 - Srovnání měření pro vzorek č.1

Ze srovnání měření na vzorku č. 5 a č. 8 je v obr.32 a 33 patrná větší neshoda při měření. Data získaná na SDL M 021 S se nacházejí pod křivkou teoretického předpokladu průběhu prodyšnosti. Odchylka je větší než v případě vzorku č.1, avšak nedošlo k výraznému vybočení dat. K chybě mohlo dojít již popsaným způsobem.



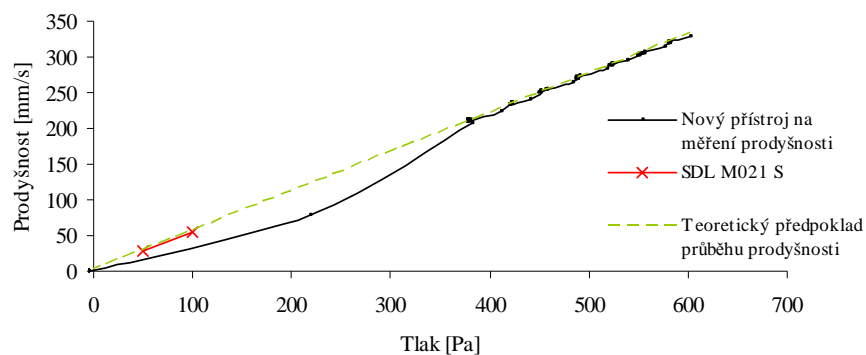
Obr.32 - Srovnání měření pro vzorek č.5



Obr.33 - Srovnání měření pro vzorek č.8

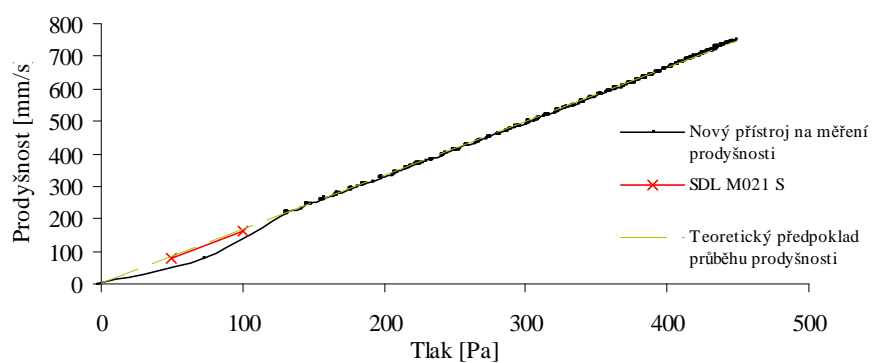
Z obr.34, 35 A 36 je patrné, že na křivce teoretického předpokladu průběhu prodyšnosti, se nachází i data z měření na SDL M021 S. Zřejmé je, že data zjištěná pomocí SDL M021 S jsou téměř identická s teoretickým předpokladem. Rozdílnost v tomto případě není téměř žádná.

Vzorek č.13



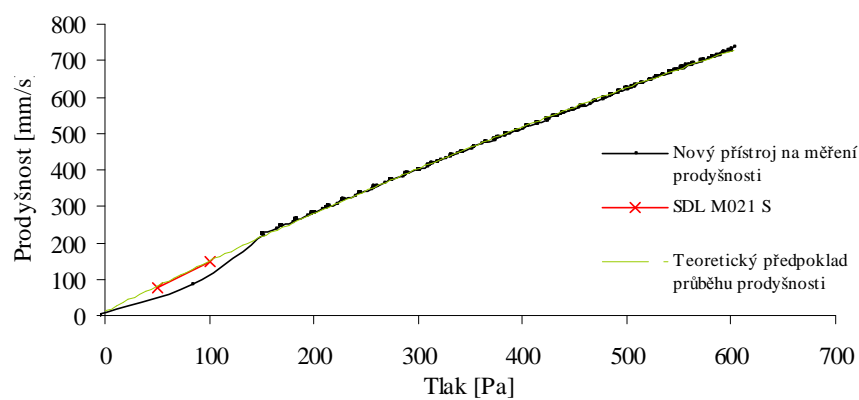
Obr.34 - Srovnání měření pro vzorek č.13

Vzorek č.22



Obr.35 - Srovnání měření pro vzorek č.22

Vzorek č.24



Obr.36 - Srovnání měření pro vzorek č.24

Výsledky všech měření byly vyneseny do grafů, které se nacházejí v příloze č.4. Srovnáním naměřených hodnot na přístrojích SDL M021 S a novém zařízení je patrné, že data leží v jedné přímce. Částečné odchýlení hodnot z SDL M021 S mohlo být způsobeno nepřesným odečítáním z průtokoměru nebo pouhým rozdílem utažení vzorku v upínací hlavě, jak v případě přístroje SDL M021 S, tak i nového přístroje. Hodnota v nelineární oblasti při měření na novém přístroji je způsobena elektro-pneumatickým regulátorem. Jedná se o hodnotu, která je vždy jediná z celé škály měření a navíc extrémně vybočuje. Zdaleka se nepřibližuje hodnotám z měření na normovaném přístroji SDL M021 S (ISO 9237). Z toho důvodu se dá usoudit, že se jedná o chybu.

Tímto srovnávacím měřením bylo prokázáno, že prodyšnost textilií je lineárně závislá na změně tlaku.

5.4 NÁVRH DALŠÍHO VÝVOJE ZAŘÍZENÍ

Měřicí aparatura sloužící k hodnocení prodyšnosti textilií dokáže zjišťovat prodyšnost až od 220 mm/s do 833 mm/s. Omezený rozsah je způsoben elektropneumatickým regulátorem a průtokoměrem. Elektropneumatický regulátor nedokáže reagovat na menší řídicí signál než 1V. Tato hodnota je na výstupu rovna průtoku vzduchu 26 l/min a z toho důvodu by byla potřeba výměna tohoto regulátoru za regulátor o vyšší citlivosti. Průtokoměr dokáže propouštět vzduch do sto litrů. Výměnou průtokoměru s vyšší horní hranicí by mohly být měřeny textilie o velké prodyšnosti. Pokud by byl i vyměněn diferenciální snímač tlaku za snímač o velkém rozsahu, ale s vysokou citlivostí rozšířila by se celková oblast měření.

Pro odstranění drobných chyb při měření by bylo vhodné upínat vzorky do svěrací hlavy větší přitlačnou silou.

Při ověření funkčnosti programu byly vzorky proměřeny jak na novém zařízení v celém rozsahu, tak i na SDL M021 S při tlaku 50Pa a 100Pa. Pro vyhodnocení správnosti měřicího programu toto srovnání stačí. Bylo by však vhodné celý přístroj pro hodnocení prodyšnosti důkladně proměřit pro různé tlaky a porovnat měření se standardními přístroji pro měření prodyšnosti jak na SDL M021 S tak i na METEFEMu. Prostřednictvím tohoto měření mohou být odhaleny nedostatky, které mohou jednotlivé komponenty nového přístroje skrývat.

6. ZÁVĚR

V diplomové práci byla provedena rešerše na téma prodyšnost textilií. Obsahuje popis hodnocení a faktory ovlivňující prodyšnost. Nabízí srovnání měřících přístrojů vyskytujících se na celosvětovém trhu.

Hlavním úkolem této práce bylo navrhnout hardware a software pro řízení přístroje pro hodnocení prodyšnosti. Řízení navrhnout tak, aby bylo realizováno v programovém prostředí LabVIEW a umožňovalo cyklické automatické měření vzorků textilií.

Měření na standardních zařízeních je zatěžováno nepřesným odečítáním hodnot průtoku vzduchu textilií, nepřesnostmi stanovení tlakového spádu a vzorky, které nejsou v upínací hlavě upnuty stejnou silou.

Z tohoto důvodu je vyvíjen na Katedře oděvnictví přístroj pro hodnocení prodyšnosti textilií. Od prvního návrhu k nynější podobě přístroje došlo ke změnám některých komponent. Na měřící aparatuře byl vyměněn průtokoměr, upínací aparát a měřící karta.

Nový přístroj umožňuje měření bez nutnosti vnějšího zásahu. Uživatel pouze připojí měřící aparaturu do zdroje napětí, upne zkoumaný vzorek do svěrací hlavy a spustí program.

Program byl vytvořen tak, aby uživatel dokázal bez problémů měřit prodyšnost. Nabízí mu možnost měřit dle standardu (ISO 9237), tedy tak, že průtok vzduchu vzrůstá lineárně až do předem stanovené hodnoty tlakového rozdílu. Navíc může uživatel zvolit možnost experimentálního měření, které obnáší změnu průtoku vzduchu. První možnost je lineární průběh řídicího signálu, kde si uživatel určí směrnici přímky. Druhá možnost je schodový průběh, kde si uživatel volí délku a výšku schodu. Poslední třetí možnost je sinusový průběh, kde si uživatel volí amplitudu, periodu a posun napětí. Experimentální princip měření však nebyl náplní této práce a mohl by být námětem navazující diplomové práce.

Hlavička souboru, do kterého se ukládají hodnoty naměřených dat, je tvořena informacemi, které uživatel vyplní před začátkem měření v čelním panelu. Informace se týkají jména měřícího, popisu vzorku, čísla měření, datumu, času a poznámky laboranta. Program k řízení přístroje, slouží k ovládání elektro-pneumatického regulátoru pomocí řídicího napěťového signálu. Umožňuje sběr dat ze snímačů a jejich vyhodnocení,

ošetření snímačů proti poškození a v neposlední řadě vyhodnocení prodyšnosti. Prodyšnost je během měření zakreslována do grafu a zároveň je zapisována do textového souboru.

Pro ověření funkčnosti zařízení byl zvolen standardní přístroj pro hodnocení prodyšnosti, SDL M021 S. Na obou přístrojích byla proměřena stejná sada textilních oděvních tkanin.

Řízení přístroje pro hodnocení prodyšnosti pomocí programu se osvědčilo. Naměřená data si odpovídají. Na základě tohoto srovnávacího měření z výsledků bylo prokázáno, že prodyšnost textilií je lineárně závislá na změně tlaku.

Další vývoj zařízení by se mohl zaměřit na výměnu elektro-pneumatického regulátoru, který není vhodný pro regulaci malého objemu vzduchu. A i výměnu průtokoměru, který by dokázal propouštět větší objem vzduchu než sto litrů. Pozornost by mohla být směřována i k upínacímu aparátu, který nedrží vzorek dostatečně pevně. S ohledem na vytvořený a funkční program by mohla být proměřena větší sada vzorků při různých tlacích a na více přístrojích pro hodnocení prodyšnosti.

Přínos nového zařízení na hodnocení prodyšnosti je především ve zvětšení rozsahu měření prodyšnosti, ovládání pomocí programu a automatického odečítání hodnot.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A PRAMENŮ

- [1] Havrdová, M.: Hodnocení prodyšnosti plošných textilií. Zpráva o řešení VCT za rok 2003./SRN TUL-VRT/B-PST/TZ-03/4/CZ-CZ.
- [2] ČSN EN ISO 9237. Textile - Zjišťování prodyšnosti plošných textilií. 1996.
- [3] HAVRDOVÁ, M.: Chování plošných textilií při měření jejich prodyšnosti vzduchu. STRUTEX Liberec : TUL 2002.
- [4] GOOIJER, H.: Flow Resistance of Textile Materials. Thesis UT Enschede 1998 ISBN 90-36511240
- [5] Backer, S.: The Relationship between the Structural Geometry of a Textile Fabric and Its Physical Properties, Part IV. Interestice Geometry and Air Premeability, Textile Res.J.,21,1951
- [6] Pecháček, F., Janovský, J.: Zkoušení textilií pro 4. ročník středních průmyslových škol textilních, 4. vyd. Praha : SNTL .1984
- [7] Kovačič, V.: Textilní zkušebnictví II. [on-line], [2006-02-13]. Dostupné z: <http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/files/ZKT2dil.pdf>
- [8] Dokumentace k zařízení Metefem FF-12/A z Katedry zkoušení textilií, FT, TUL.
- [9] SDL ENGLAND: Manuál k přístroji Air Permeability Tester SDL M 021 S, Dokumentace k zařízení SDL M021S z Katedry oděvnictví, FT, TUL.
- [10] TexText AG: [on-line], [2005-11-13]. Dostupné z: <http://www.texttest.ch/e/index.htm> >
- [11] Thwing-Albert: [on-line], [2006-03-05]. Dostupné z: <http://www.thwing-albert.nl/cat.php?cat=textiel>>
- [12] Shambhavi: [on-line], [2006-01-08]. Dostupné z: <http://www.shambhaviimpex.com/air-permeability-apparatus-rigdtype.html>>
- [13] IDM Instruments: [on-line], [2005-10-27]. Dostupné z: <http://www.idminstruments.com.au>>
- [14] Frazier Precision Instrument: [on-line], [2006-02-21]. Dostupné z: <http://www.frazierinstrument.com/products/fap/fap.html>>
- [15] NI-LabVIEW: [on-line], [2005-11-20]. Dostupné z: <http://www.ni.com>>

- [16] Votrubec, R.: Učební texty - LabVIEW for Windows, Dostupné na KRT, FM, TUL.
- [17] Lonková, D.: Diplomová práce, Zařízení pro měření prodyšnosti plošných textilií, FT, TUL. 2004
- [18] Ventil: [on-line], [2006-04-03]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki>>
- [19] Ručně ovládané ventily: [on-line], [2006-03-23]. Dostupné z:
<http://www.smc.cz/pdf/04_rucni_mech_pneum_ovladane_ventily/Vh.pdf>
- [20] Regulační technika: [on-line], [2006-03-22]. Dostupné z:
<www.spszl.cz/svs/export.php?fid=83>
- [21] Elektropneumatický regulátor: [on-line], [2006-03-25]. Dostupné z:
<http://www.smc.cz/pdf/01_uprava_stlaceneho_vzduchu/ITV2000-.PDF>
- [22] Kompresor: [on-line], [2005-11-17]. Dostupné z:
<<http://cs.wikipedia.org/wiki>>
- [23] Kompresor: [on-line], [2005-10-17]. Dostupné z:
<www.silentaircompressor.com>
- [24] Ďád'o, S., Kreidl, M.: Senzory a měřicí obvody, Praha : ČVUT. 1996. ISBN 80-01-02057-6
- [25] Hmotnostní a objemové průtokoměry: [on-line], [2005-12-09]. Dostupné z:
<http://www.smc.cz/pdf/01_uprava_stlaceneho_vzduchu/ITV2000-.PDF>
- [26] Mezinárodní klasifikace vzduchových filtrů atmosférického prachu: [on-line], [2005-12-09]. Dostupné z: <http://www.ksklimaservice.cz/?page=kestazeni_cz>
- [27] Filtry vzduchu: [2006-01-16]. Dostupné z:
<http://www.smc.cz/pdf/01_uprava_stlaceneho_vzduchu/EAF.PDF>
- [28] Mikrofiltry vzduchu: [2006-04-10]. Dostupné z:
<http://www.smc.cz/pdf/01_uprava_stlaceneho_vzduchu/EAFM.PDF>
- [29] Tlakové snímače s napětovým výstupem: [2006-02-25]. Dostupné z:
<<http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc.asp?ref=PX160&Nav=preb03>>
- [30] Digitální kamera: [2006-02-13]. Dostupné z:
<http://www.pixelink.com/products_info.asp?id=9>
- [31] Měřicí karta: [2006-04-04]. Dostupné z:
<<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/11912>>

8. PŘÍLOHY

8.1 Seznam příloh

Příloha č.1 – Vzorník textilií.

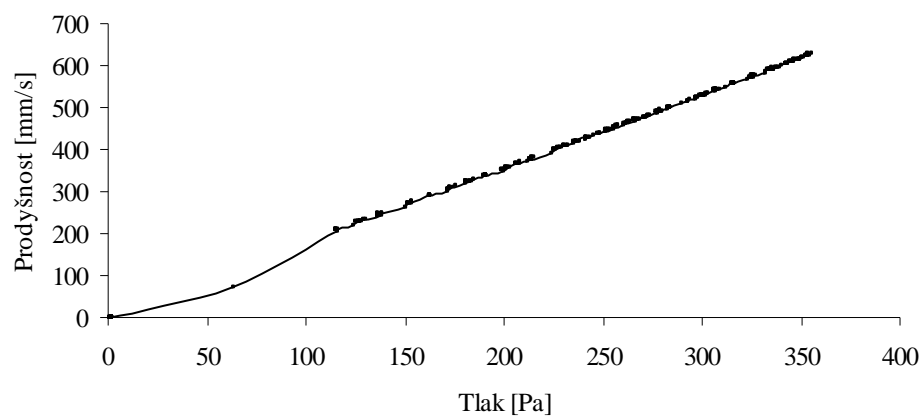
Příloha č.2 - Grafy. Výsledky měření na novém přístroji pro hodnocení prodyšnosti.

Příloha č.3 - Tabulka. Výsledky měření na SDL 021 S.

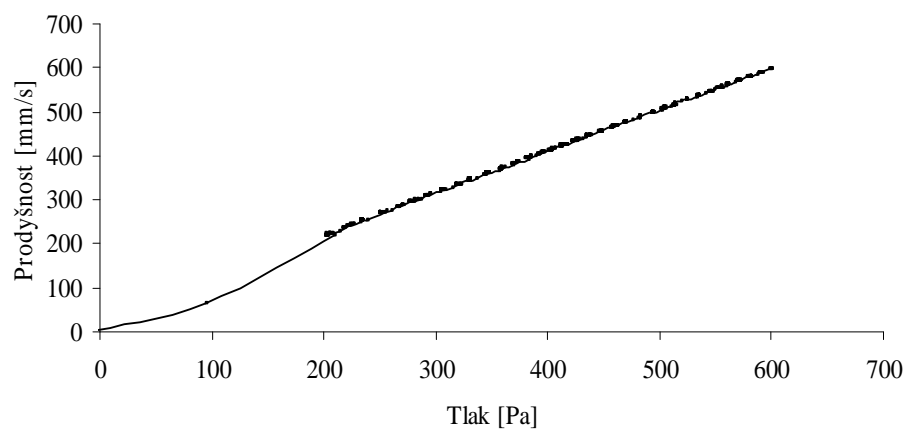
Příloha č.4 - Grafy. Grafické srovnání výsledků na SDL M021 S a novém přístroji pro hodnocení prodyšnosti.

Příloha č.2 – Grafy. Výsledky měření na novém přístroji pro hodnocení prodyšnosti

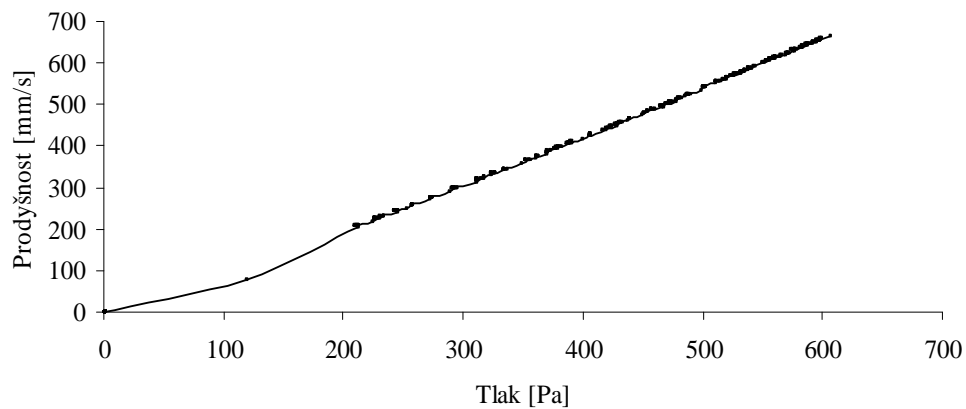
Vzorek č.1



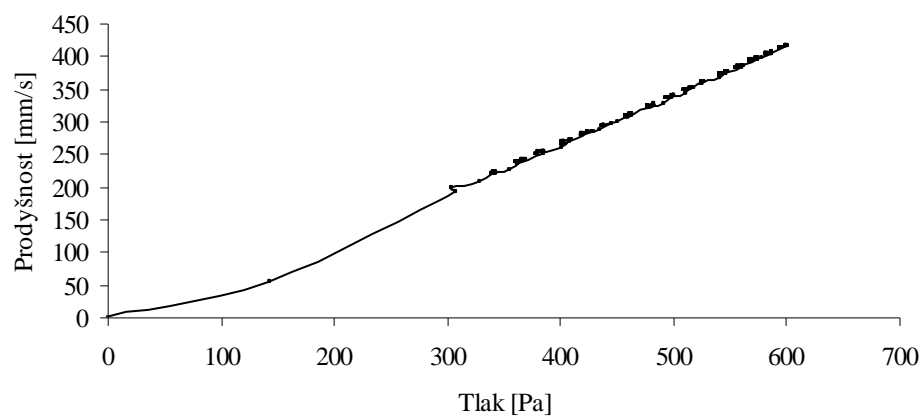
Vzorek č.2



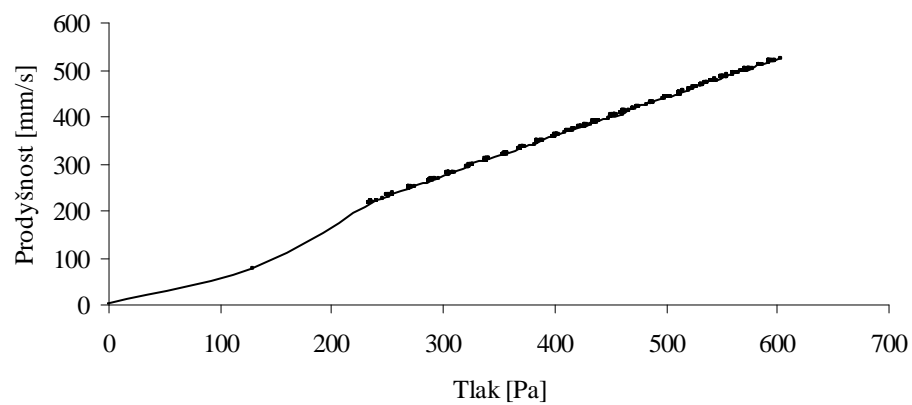
Vzorek č.3



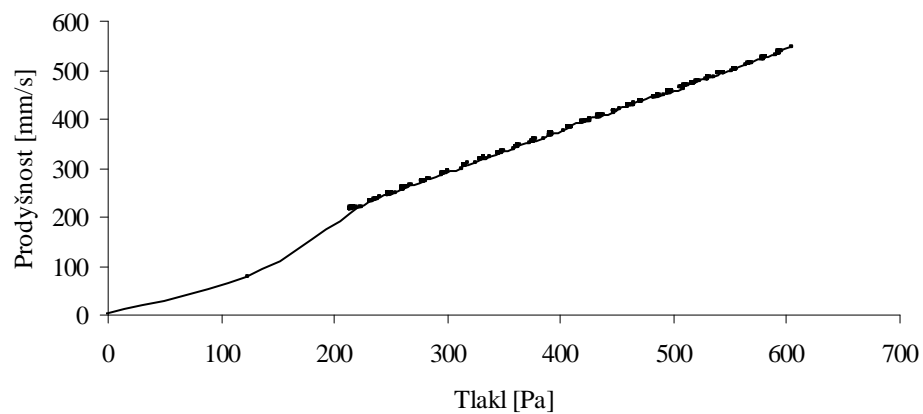
Vzorek č.4



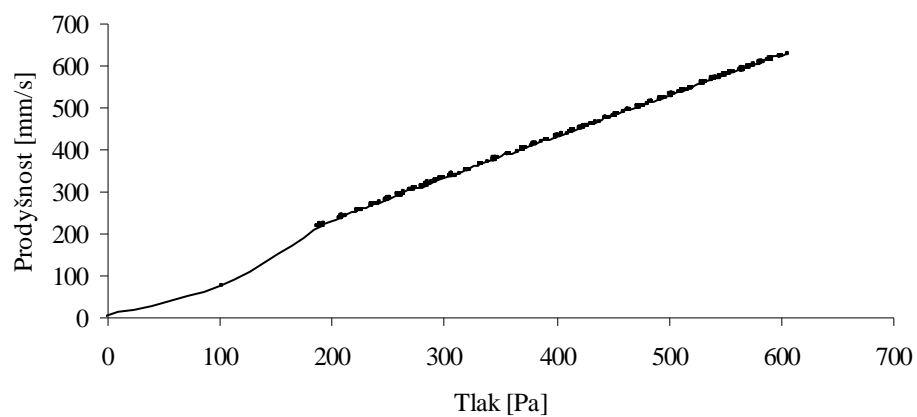
Vzorek č.5



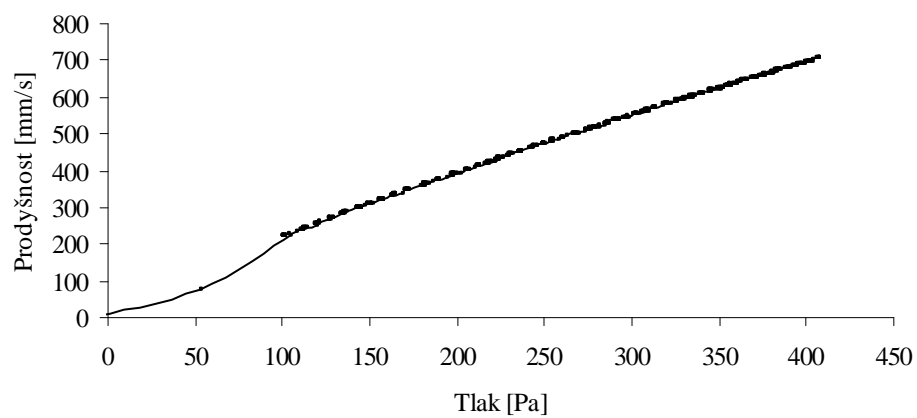
Vzorek č.6



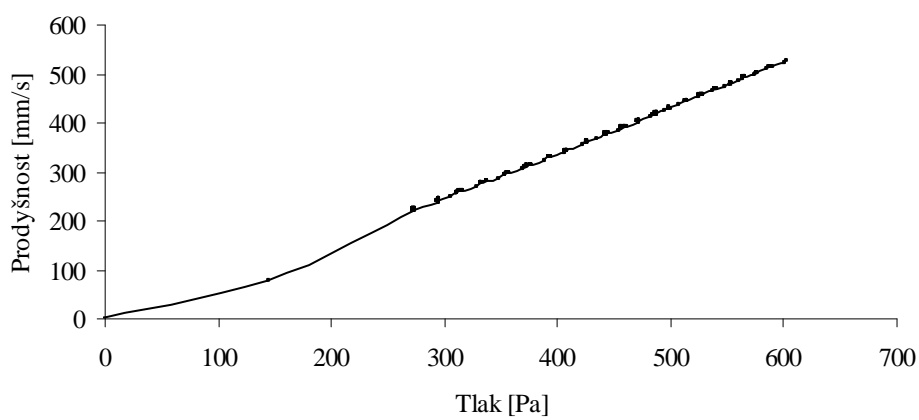
Vzorek č.7



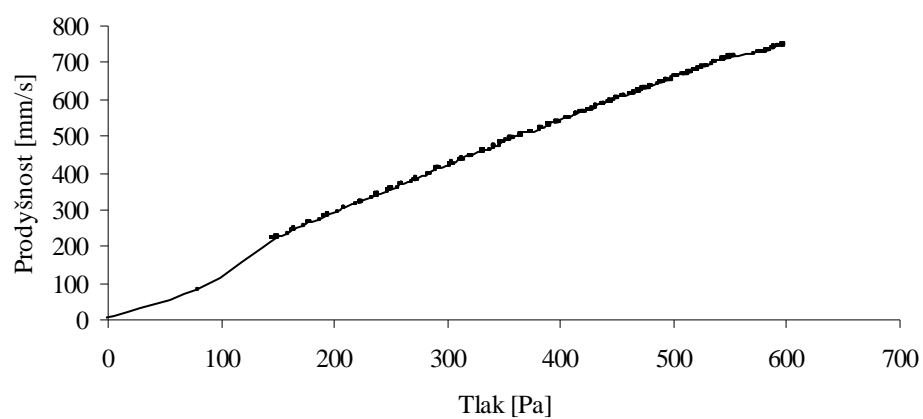
Vzorek č.8



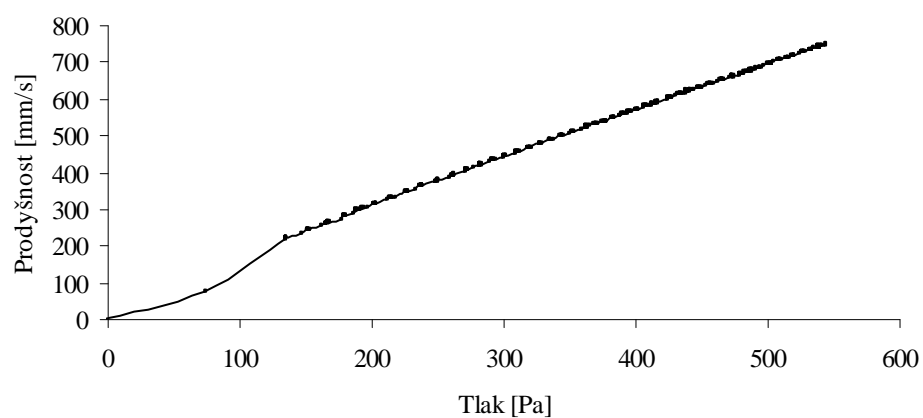
Vzorek č.9



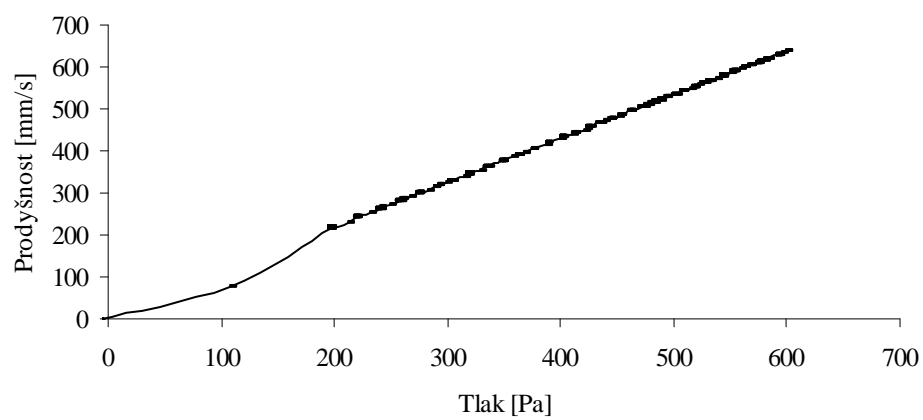
Vzorek č.10



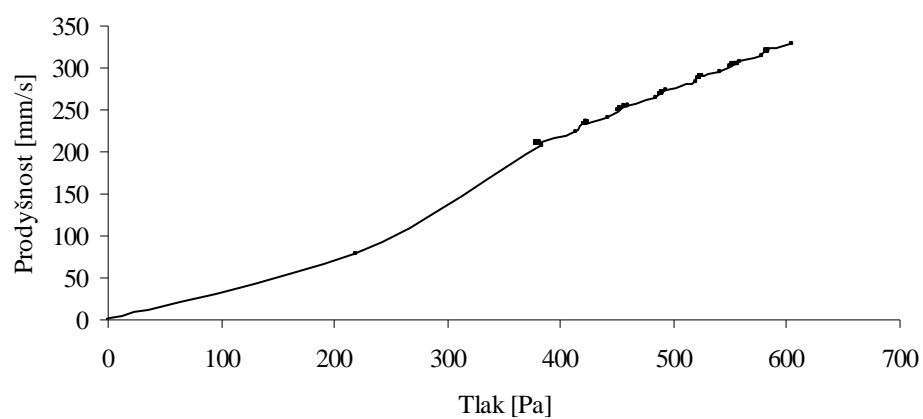
Vzorek č.11



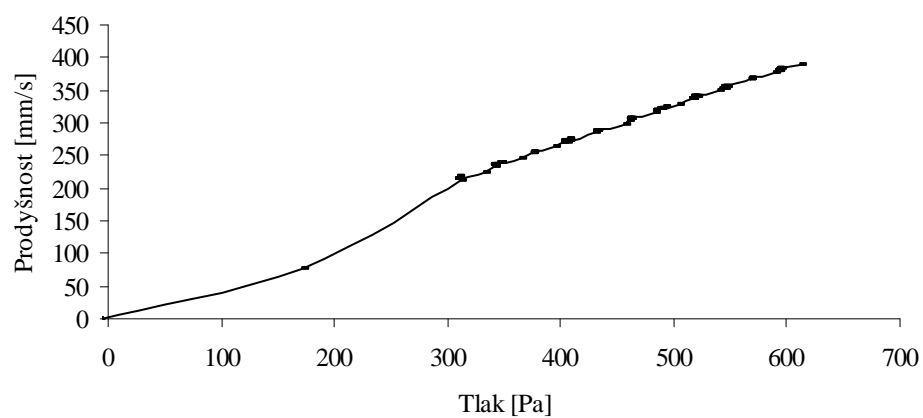
Vzorek č.12



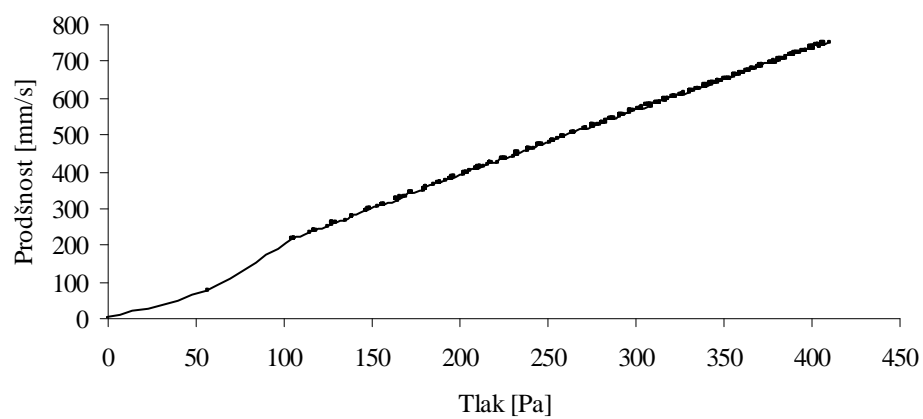
Vzorek č.13



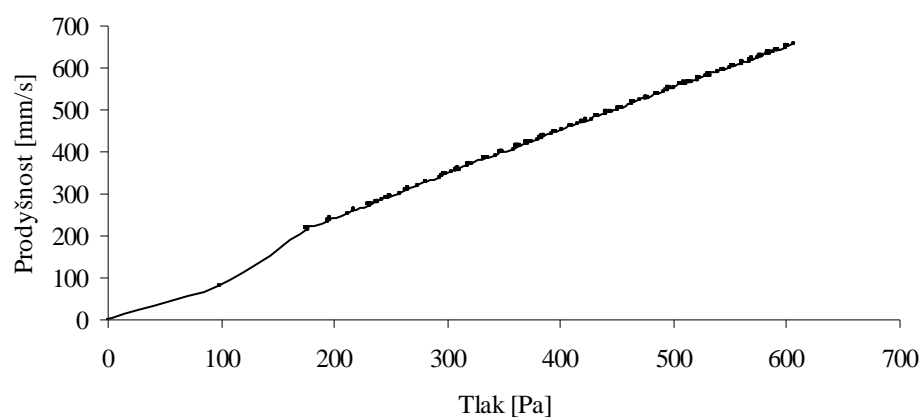
Vzorek č.14



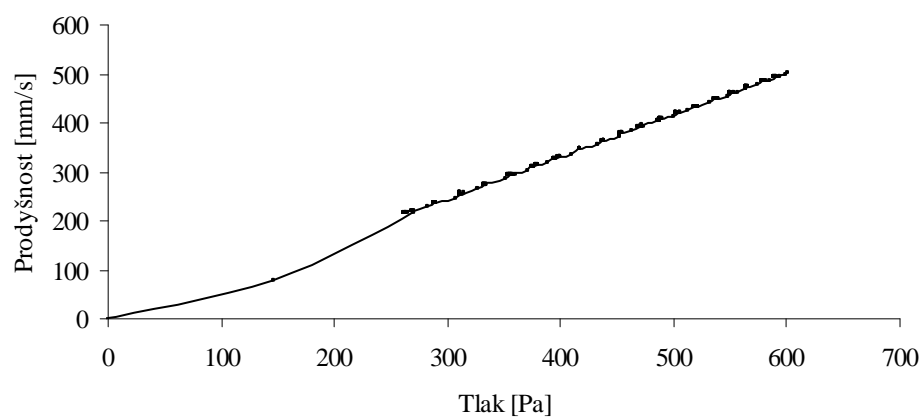
Vzorek č.15



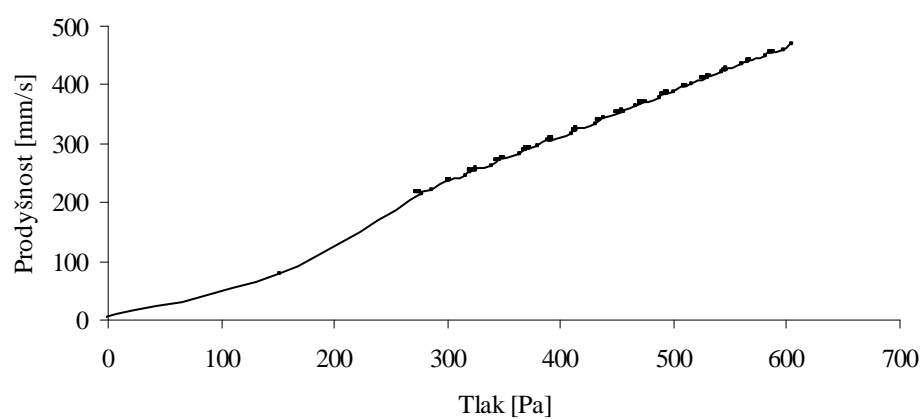
Vzorek č.16



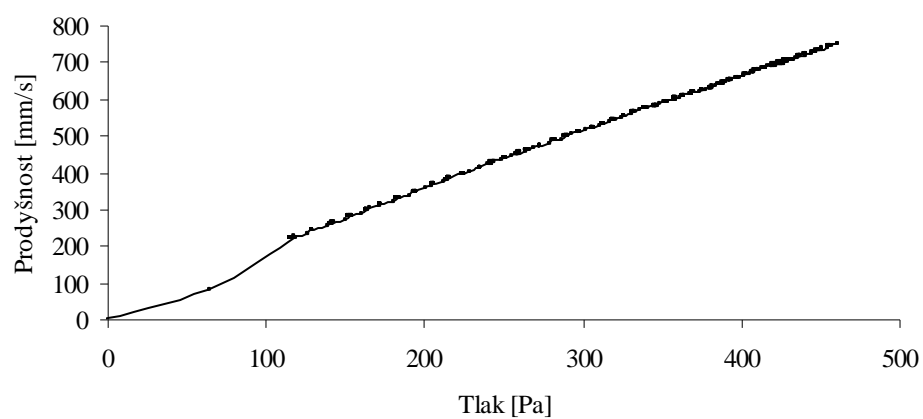
Vzorek č.17



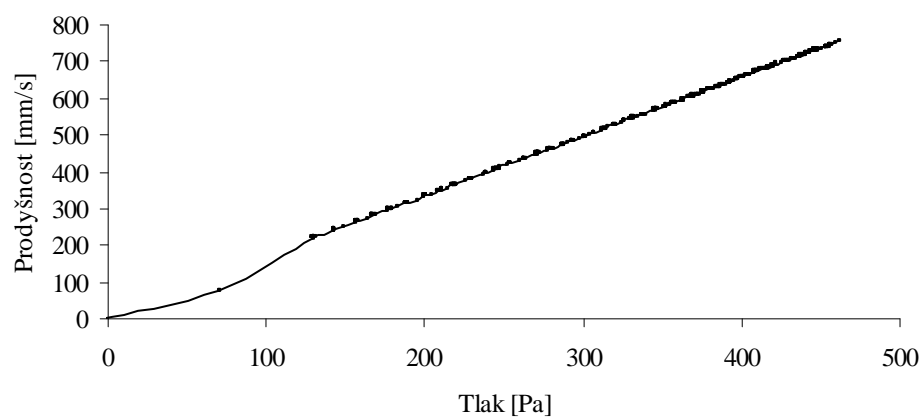
Vzorek č.18



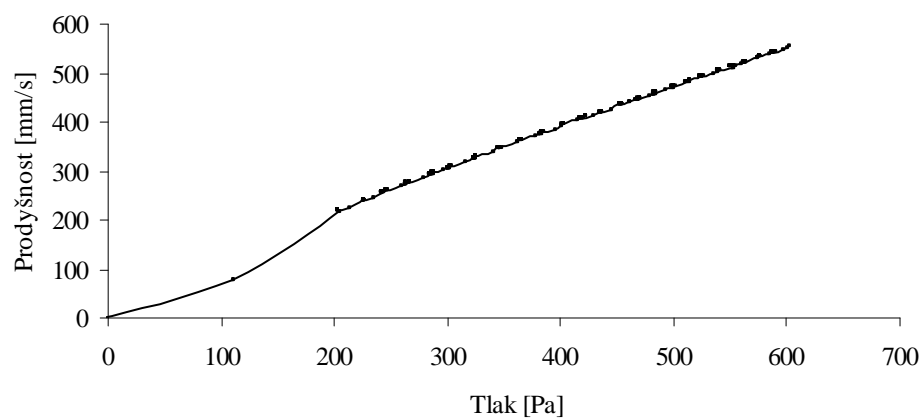
Vzorek č.19



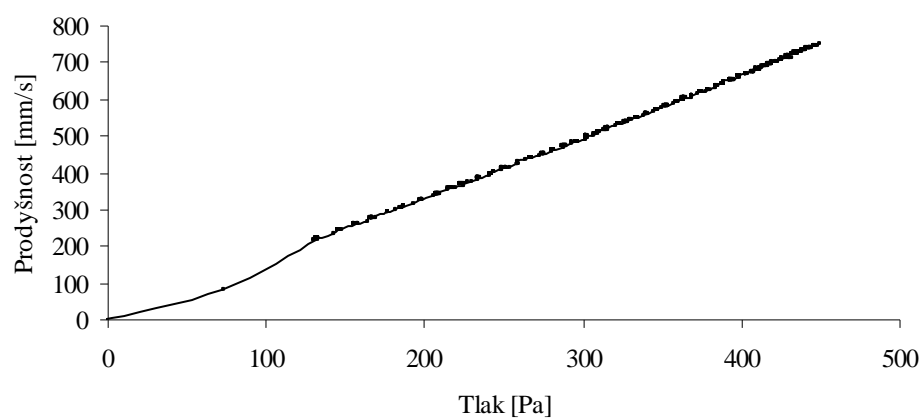
Vzorek č. 20



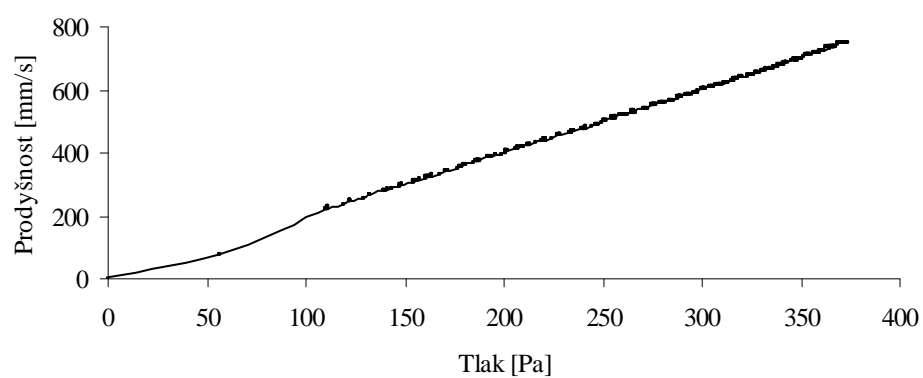
Vzorek č.21



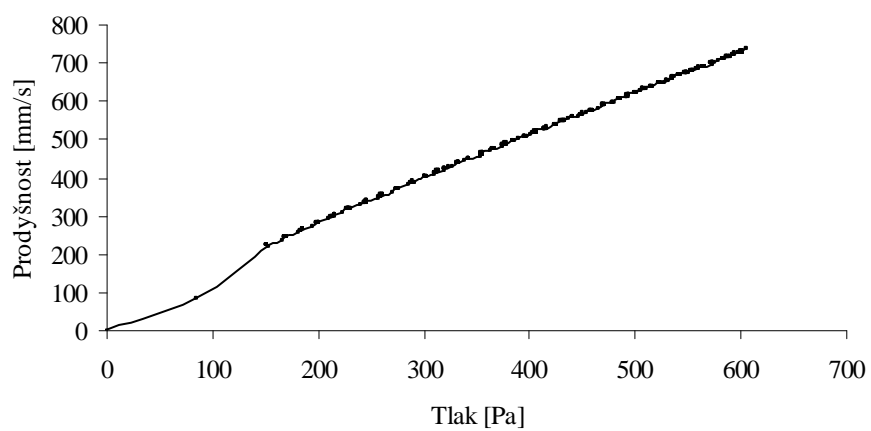
Vzorek č.22



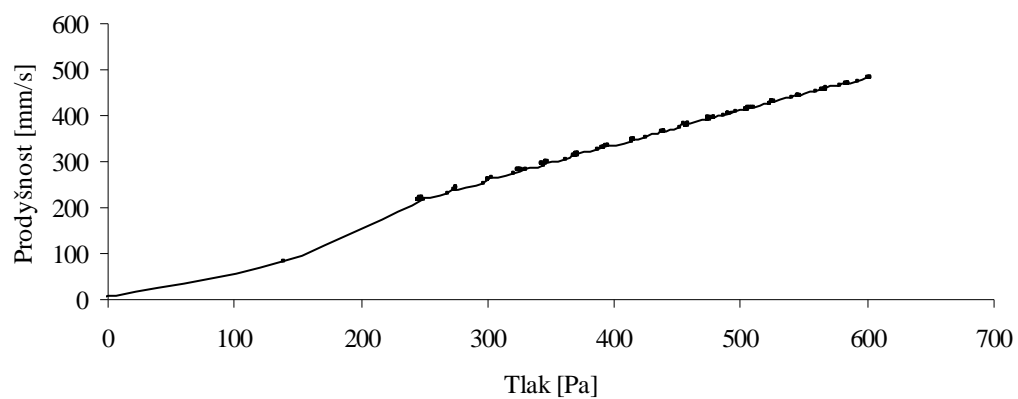
Vzorek č.23



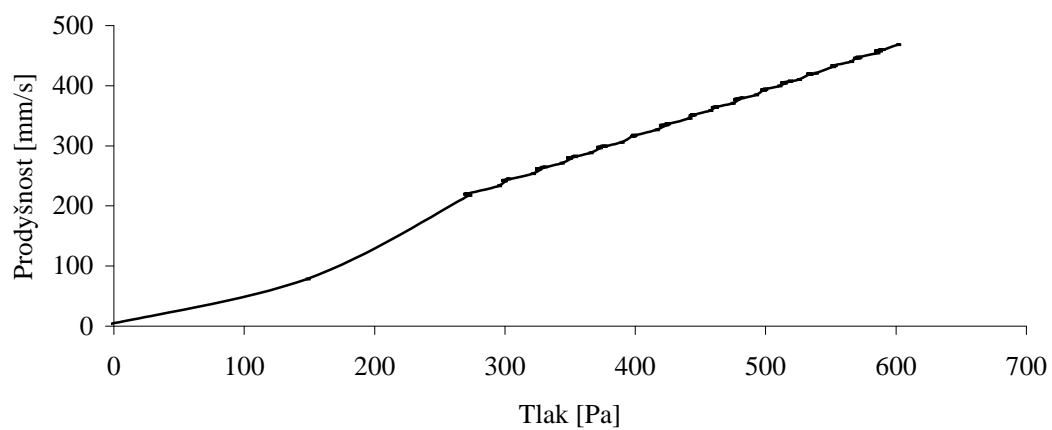
Vzorek č.24



Vzorek č.25



Vzorek č.26



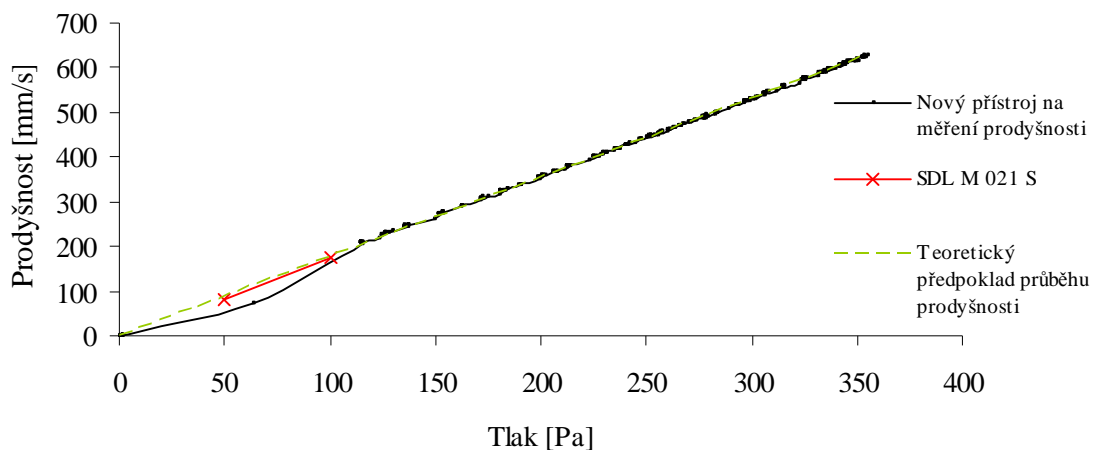
Příloha č.3 – Tabulka. Výsledky měření na SDL 021 S.

Vzorek	Průtok vzduchu [ml/s] pro tlak 50Pa	Směrodatná odchylka[ml/s] pro tlak 50Pa	Průtok vzduchu [ml/s] pro tlak 100Pa	Směrodatná odchylka[ml/s] pro tlak 100Pa	Prodyšnost [mm/s] pro tlak 50Pa	Prodyšnost [mm/s] pro tlak 100Pa
1.	161 ± 0	0	353,6 ± 0,4	1,02	80,5 ± 0,0	176,8 ± 0,2
2.	101 ± 0	0	218 ± 0	0	50,7 ± 0,1	109 ± 0
3.	86 ± 0	0	172,8 ± 0,4	0,40	43 ± 0	86,4 ± 0,1
4.	51,6 ± 0,2	0,49	110,4 ± 0,2	0,49	25,8 ± 0,1	55,2 ± 0,1
5.	89 ± 0	0	173 ± 0	0	44,5 ± 0,0	86,5 ± 0,0
6.	96,8 ± 0,2	0,49	191 ± 0	0	49,3 ± 0,1	95,5 ± 0,0
7.	115 ± 0	0	225 ± 0	0	57,5 ± 0,0	112,5 ± 0,0
8.	197 ± 0	0	398,2 ± 0,9	0,3	98,5 ± 0,0	199,1 ± 0,5
9.	71 ± 0	0	141 ± 0	0	35,5 ± 0,0	73,5 ± 0,0
10.	155 ± 0	0	296 ± 0	0	77,5 ± 0,0	148 ± 0
11.	157 ± 0	0	323,1 ± 0,4	1,14	78,5 ± 0,0	161,6 ± 0,2
12.	97,5 ± 0,2	0,5	212 ± 0	0	48,8 ± 0,1	106 ± 0

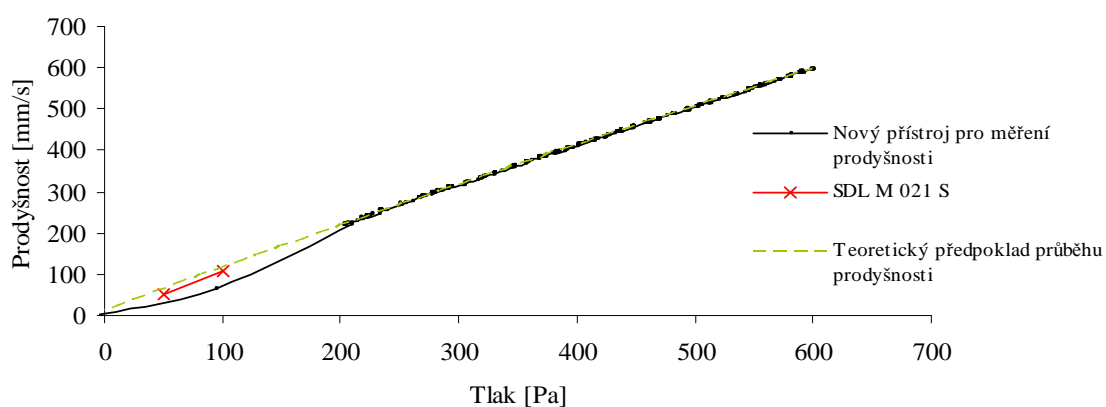
13.	55 ± 0	0	108 ± 0	0	27,5 ± 0,0	54 ± 0
14.	65 ± 0	0	126 ± 0	0	32,5 ± 0,0	63 ± 0
15.	175 ± 0	0	385,9 ± 0,3	0,83	87,5 ± 0,0	193,0 ± 0,2
16.	118 ± 0	0	232 ± 0	0	59 ± 0	116 ± 0
17.	70 ± 0	0	140,5 ± 0,2	0,5	35 ± 0	70,3 ± 0,1
18.	58,4 ± 0,2	0,49	135,6 ± 0,2	0,49	29,2 ± 0,1	67,8 ± 0,1
19.	185 ± 0	0	365,4 ± 0,2	0,49	92,5 ± 0,0	182,7 ± 0,1
20.	141,4 ± 0,6	1,69	324,9 ± 0,4	1,05	70,7 ± 0,3	162,5 ± 0,2
21.	112 ± 0	0	216,1 ± 0,3	0,7	56 ± 0	108,1 ± 0,1
22.	161,2 ± 0,2	0,4	319,9 ± 0,2	0,54	80,6 ± 0,1	160,0 ± 0,1
23.	193,9 ± 0,4	1,04	309,8 ± 0,4	0,98	97,0 ± 0,2	195,4 ± 0,2
24.	153,5 ± 0,3	0,64	196,1 ± 0,3	0,7	76,7 ± 0,2	148,0 ± 0,2
25.	92 ± 0	0	170 ± 0	0	46 ± 0	85 ± 0
26.	76 ± 0	0	150 ± 0	0	38 ± 0	75 ± 0

Příloha č.4 - **Grafy. Grafické srovnání výsledků na SDL M021 S a novém přístroji pro hodnocení prodyšnosti.**

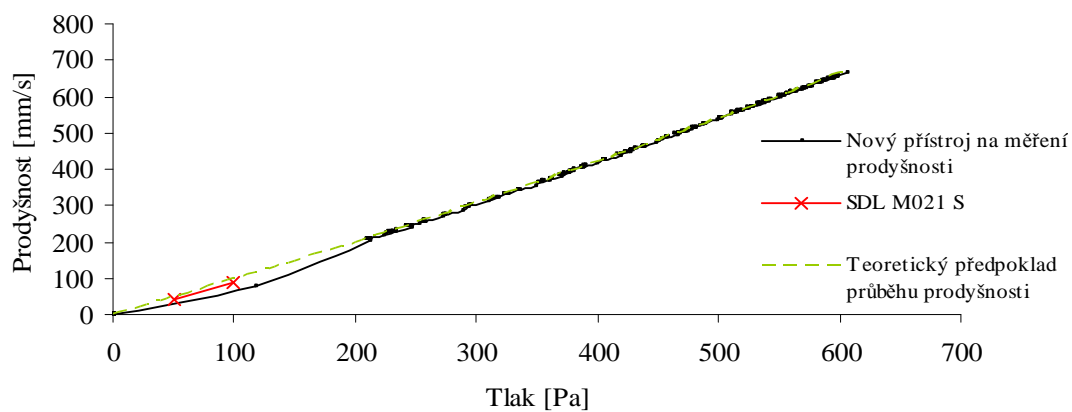
Vzorek č.1



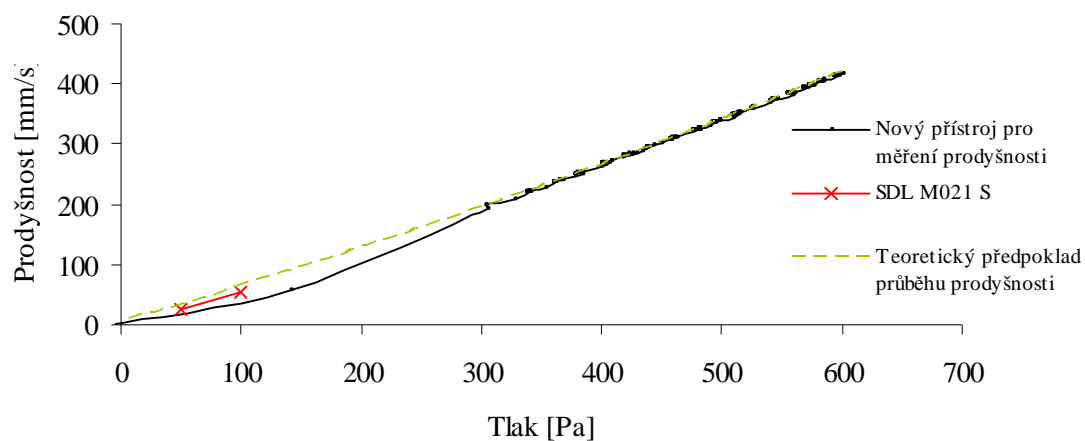
Vzorek č.2



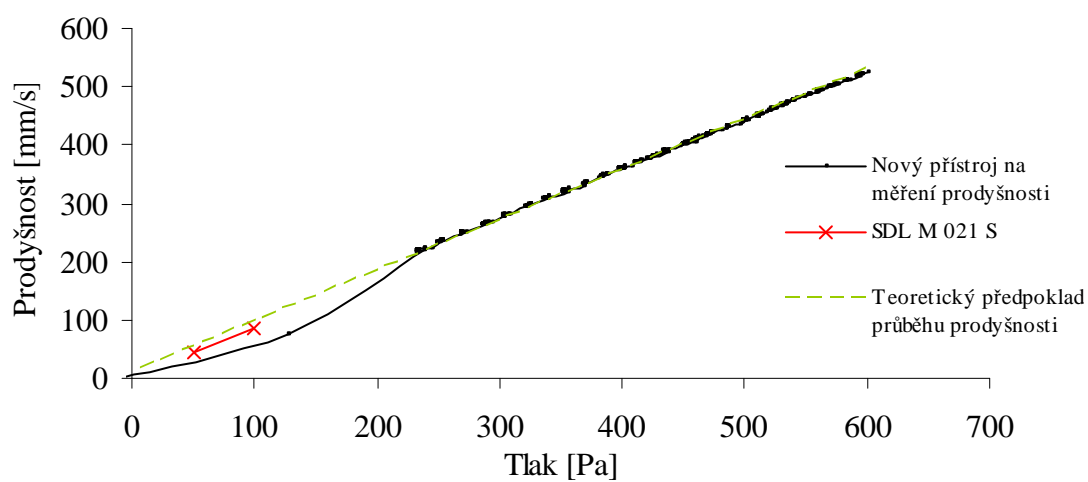
Vzorek č.3



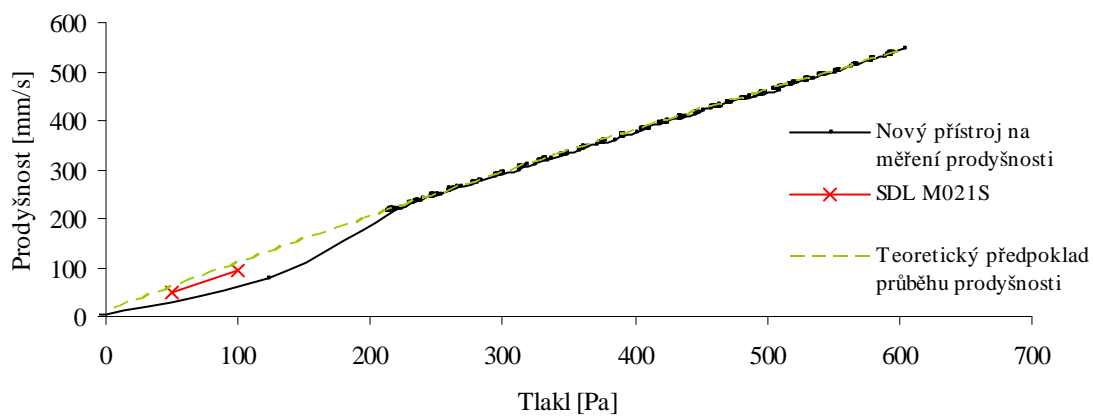
Vzorek č.4



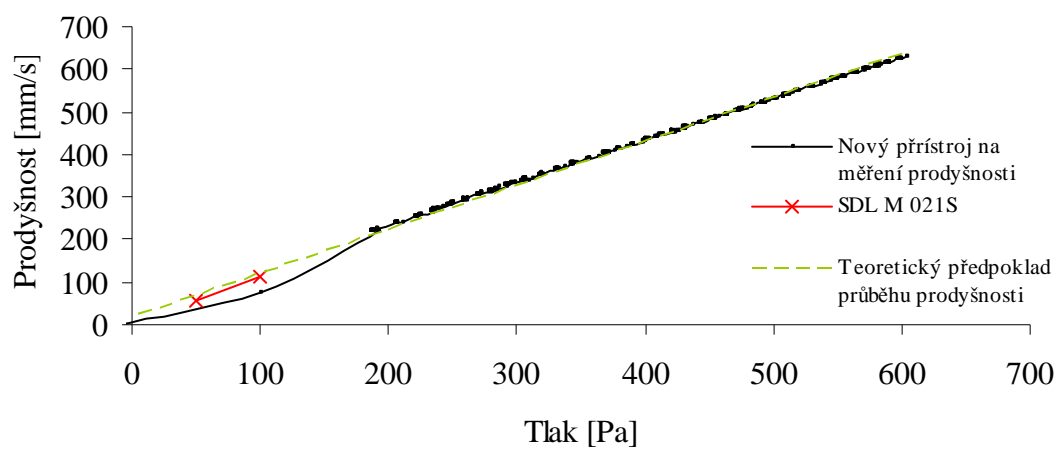
Vzorek č.5



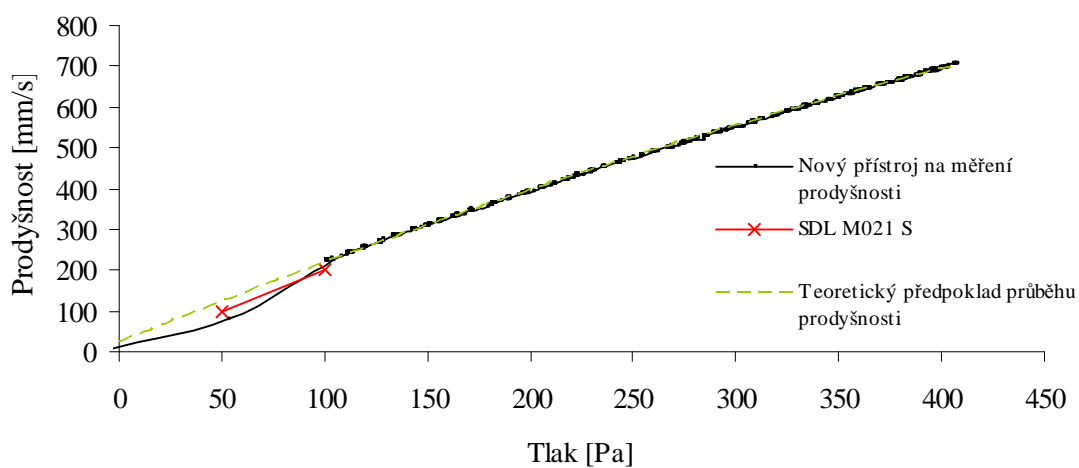
Vzorek č.6



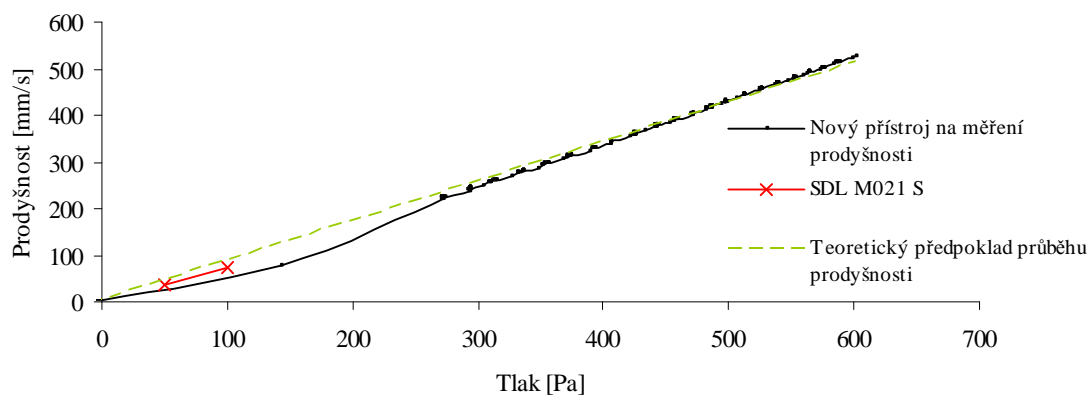
Vzorek č.7



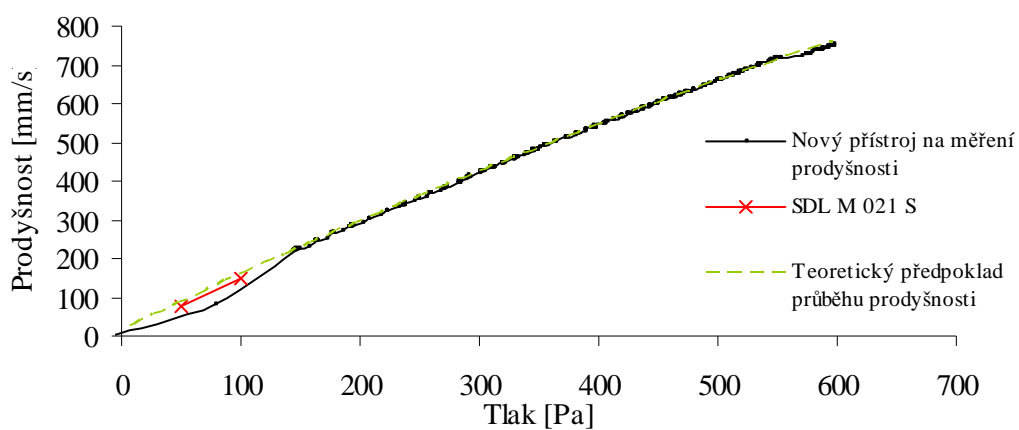
Vzorek č.8



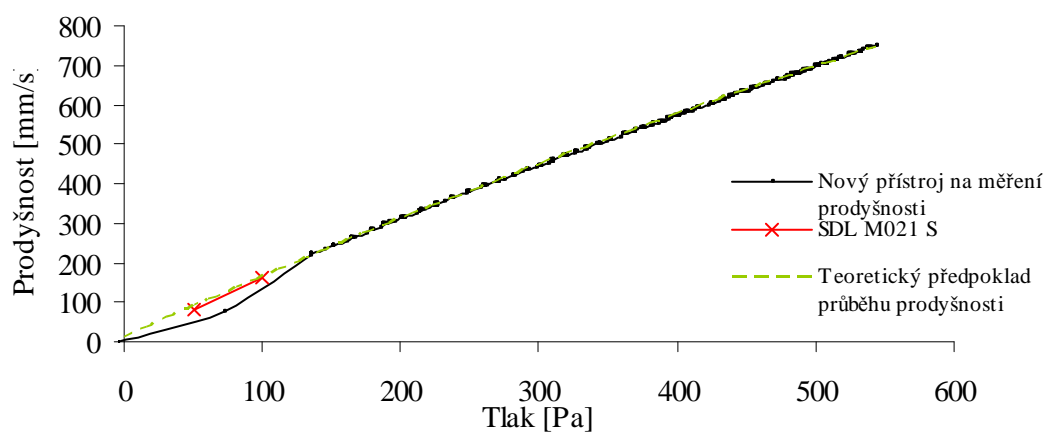
Vzorek č.9



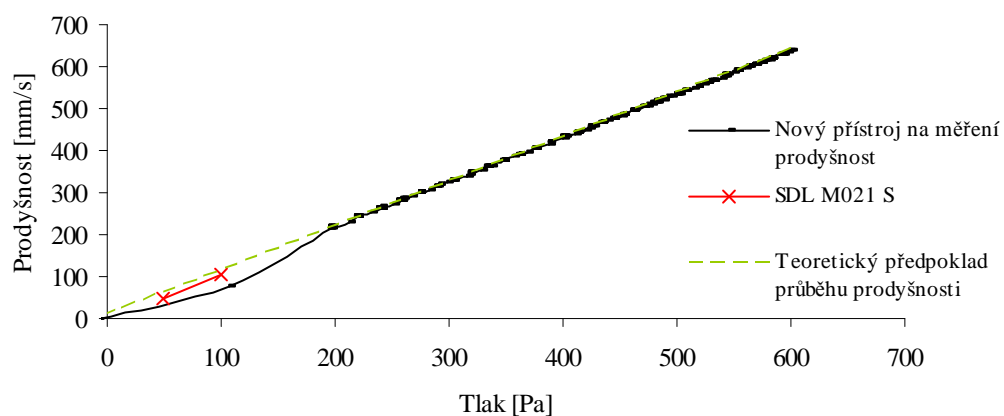
Vzorek č.10



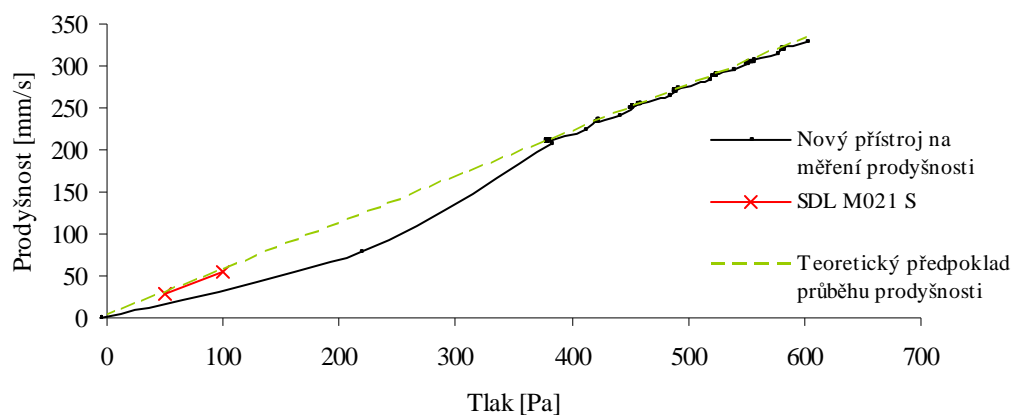
Vzorek č.11



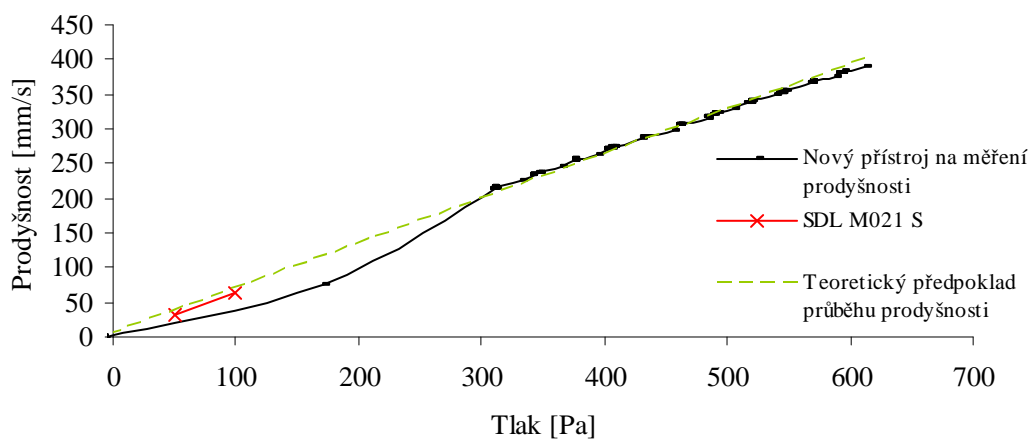
Vzorek č.12



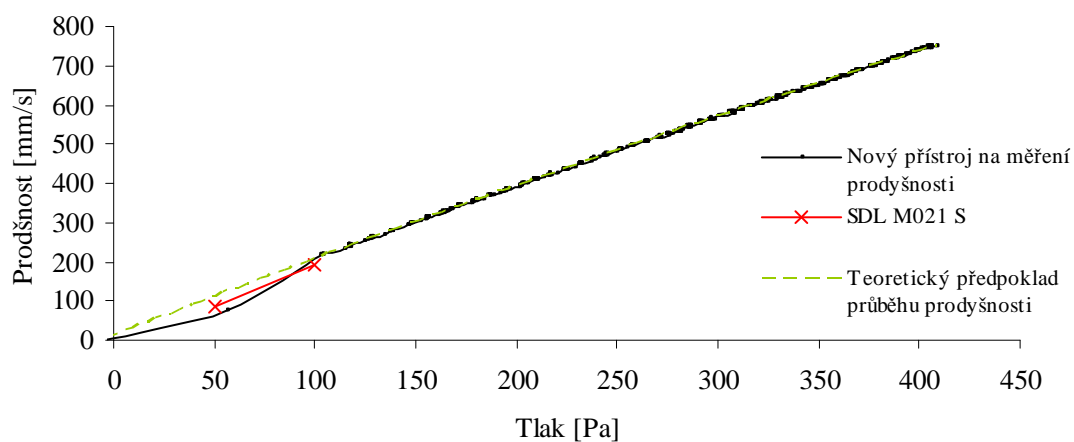
Vzorek č.13



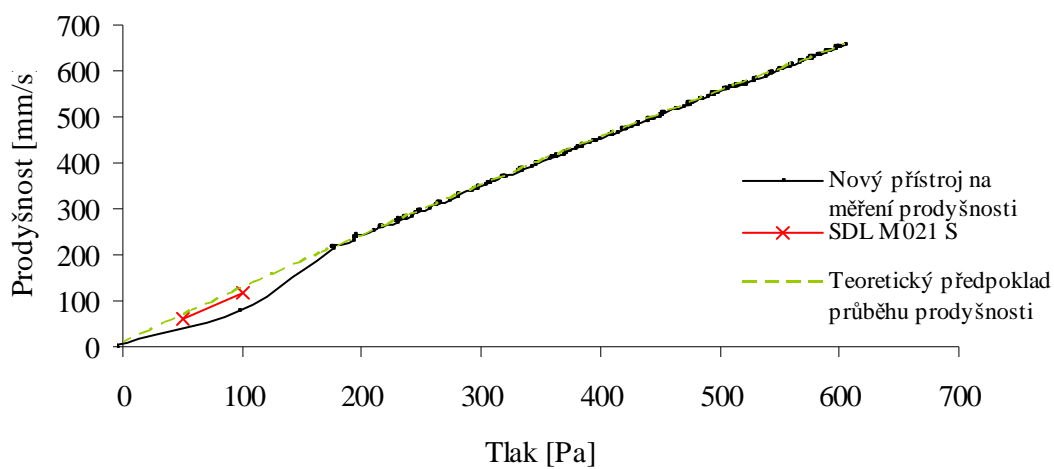
Vzorek č.14



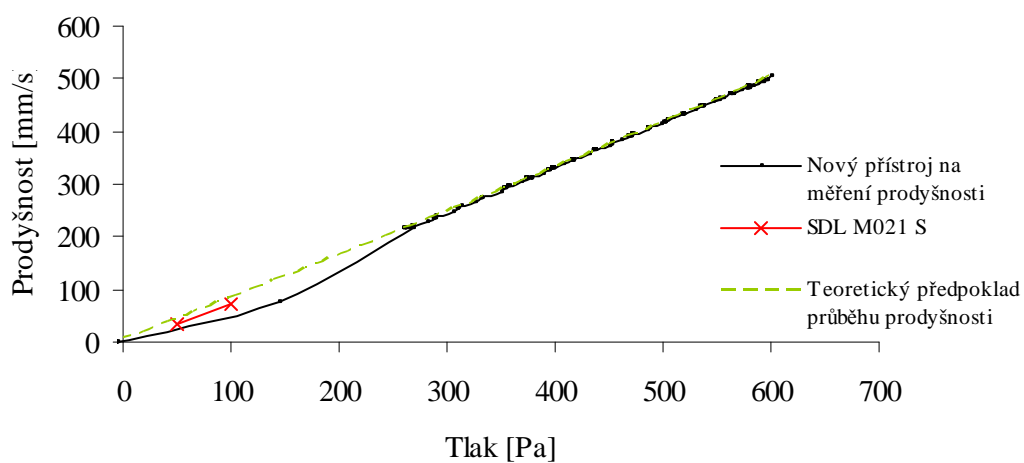
Vzorek č.15



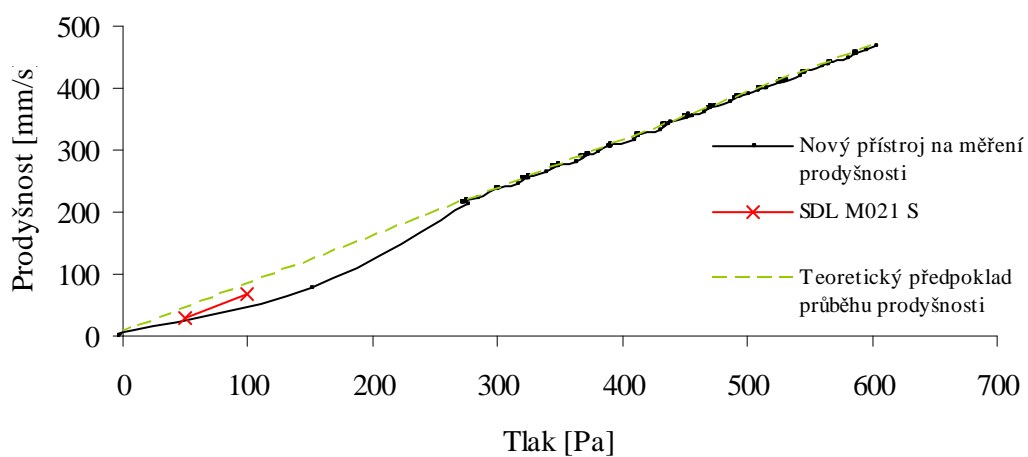
Vzorek č.16



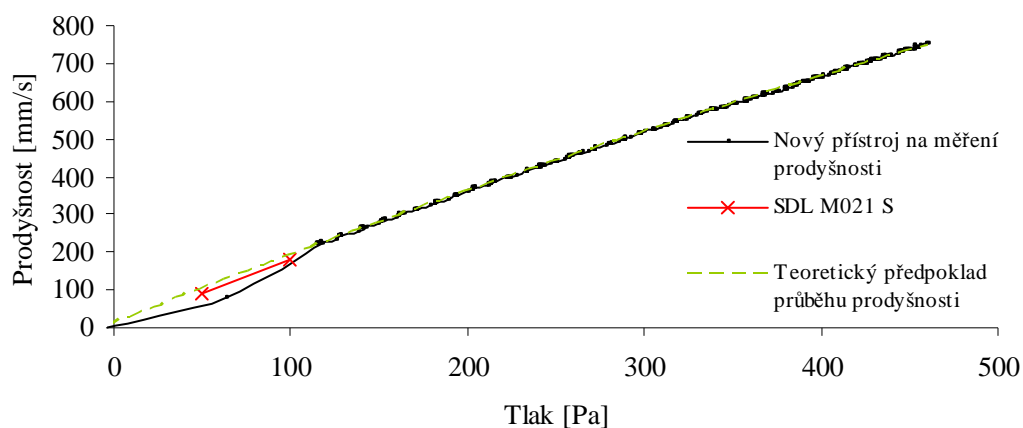
Vzorek č.17



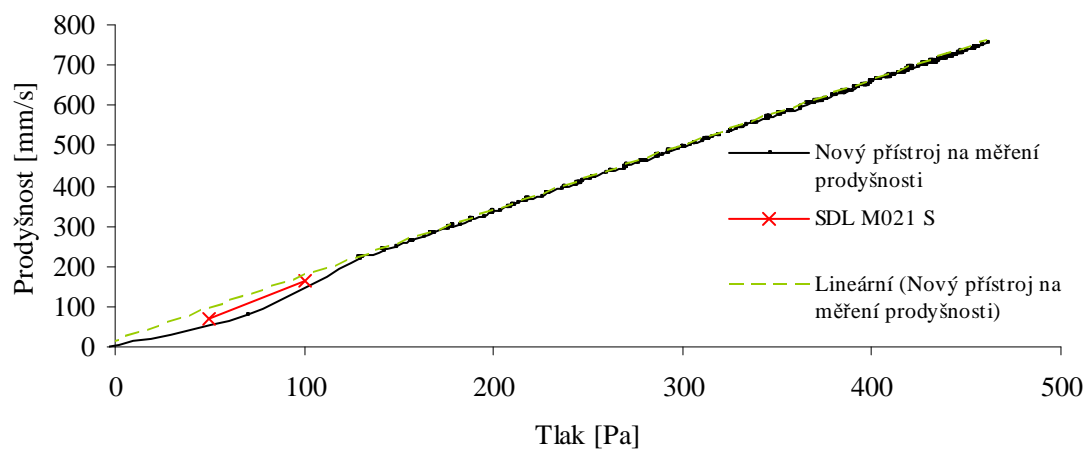
Vzorek č.18



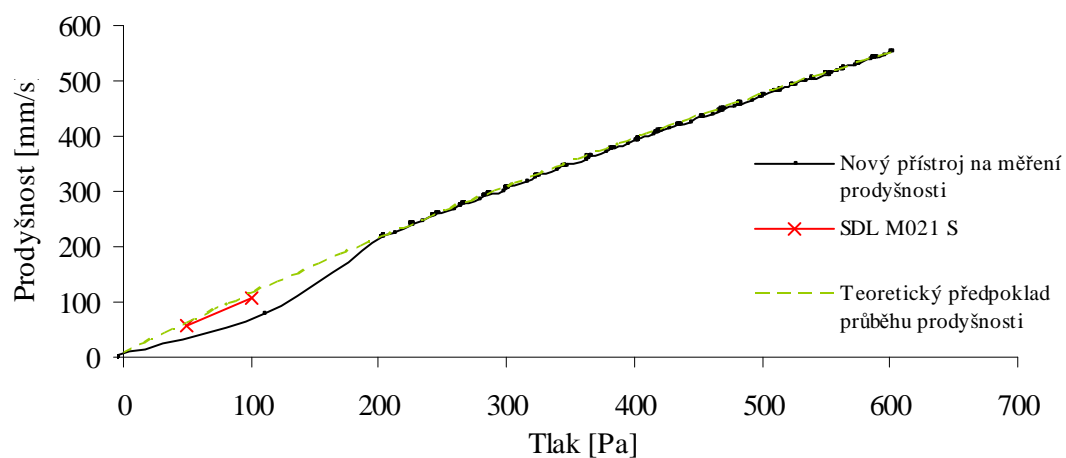
Vzorek č.19



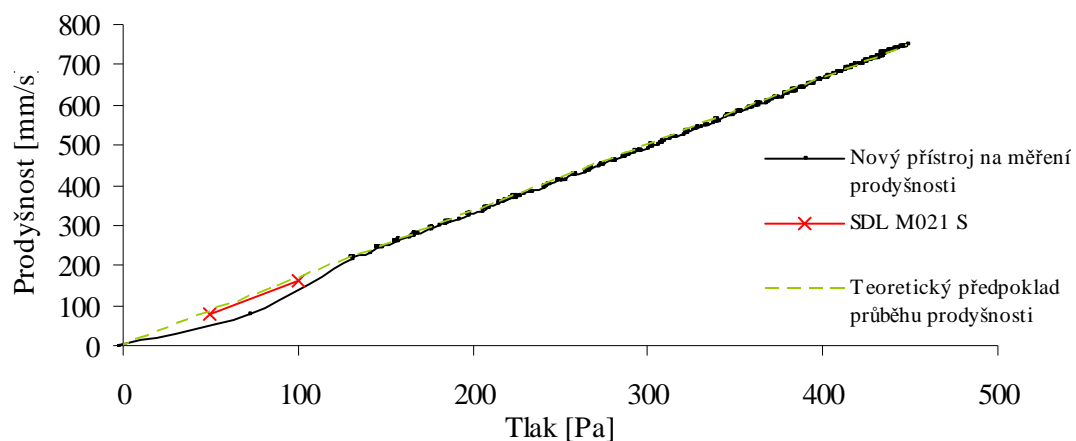
Vzorek č. 20



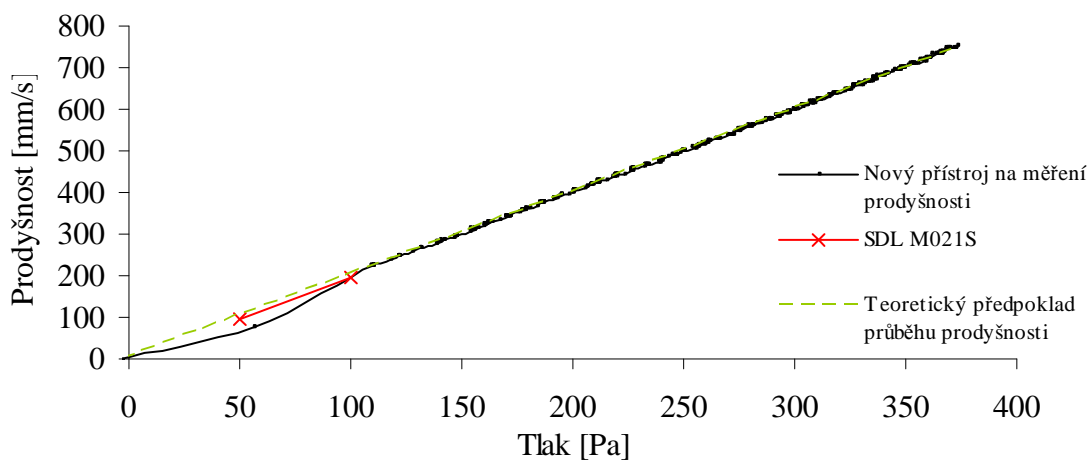
Vzorek č.21



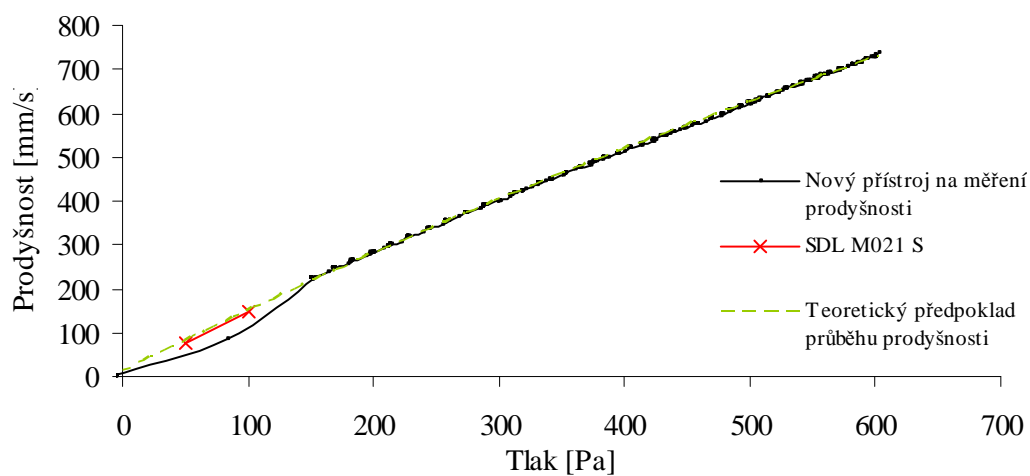
Vzorek č.22



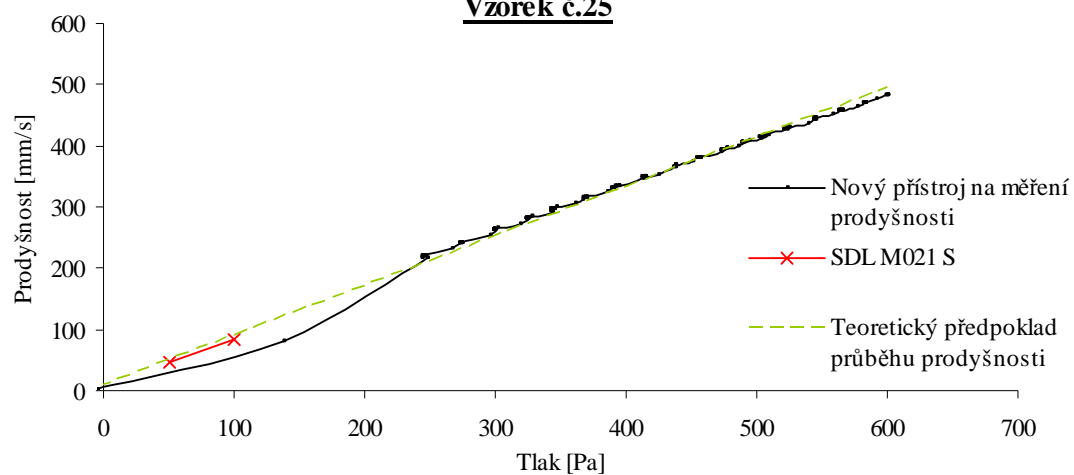
Vzorek č.23



Vzorek č.24



Vzorek č.25



Vzorek č.26

